Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München.
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Untersuchungen über das Erythrocytenvolumen bei Rindern.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München.

Vorgelegt von
Georg Mehlhorn
Tierarzt aus Waldenburg.

München 1938

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert in Quakenbrück

Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München.
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Untersuchungen über das Erythrocytenvolumen bei Rindern.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München.

Vorgelegt von
Georg Mehlhorn
Tierarzt aus Waldenburg.

München 1938

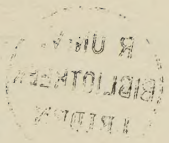
Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert in Quakenbrück

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München.

Referent: Professor Dr. J. Paechtner

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet!



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554005_0096

Inhaltsverzeichnis.

I. **Beschreibung der bis heute angewandten Methoden** . . 7
A. Indirekte Methoden 8
1. Chemische Methoden 8
2. Physikochemische Methoden 12
B. Direkte Methoden 16
II. **Eigene Versuche** 25
A. Prinzip und Technik 25
1. Verhält sich eine Mischung von Plasma mit Dextrin- bzw. Stärkelösung in Bezug auf ihre optische Drehung wie eine „echte Mischung"? 28
2. Wie verhalten sich Dextrin und Stärke den Formelementen des Blutes bzw. dem Gesamtblut gegenüber? 32
3. Verwendete gerinnungshemmende Mittel . . . 37
B. Versuchsprotokolle 39
III. **Besprechung der Versuchsergebnisse** 61
A. Methodik 61
1. Polarimetrische Methode 61
2. Hämatokritmethode 62
B. EV-Werte 62
C. Optische Aktivität des Plasmas 63
D. Gerinnungshemmende Mittel 63
IV. **Zusammenfassung** 64

I. Beschreibung der bis heute angewendeten Methoden.

Schon frühzeitig war man sich darüber klar, daß eine chemische Analyse des Blutes solange wertlos bleiben mußte, als man nicht Bescheid wußte über die prozentische Verteilung zwischen Blutkörperchen und Plasma im Blut. Denn diese beiden unterscheiden sich nicht nur in ihrer morphologischen Beschaffenheit, sondern sie sind auch ihrer chemischen Zusammensetzung nach durchaus verschieden. Außerdem schwankt das Verhältnis dieser beiden Componenten zueinander auch unter physiologischen Bedingungen in ziemlich weiten Grenzen. Auf Grund dieser Tatsachen sind die Schwierigkeiten einer zuverlässigen Analyse des Blutes einleuchtend. Ergibt sich z. B. bei Gesamtanalysen in fortlaufender Reihe ein verschiedener prozentischer Gehalt an irgend einer Substanz, so kann die Ursache der wechselnden Werte sowohl im Plasma als auch in den Blutkörperchen liegen und wird in vielen Fällen direkt von ihrem Mischungsverhältnis abhängen. Die Kenntnis dieses Verhältnisses ist also ein unbedingtes Erfordernis. Neben einer quantitativen Analyse des Gesamtblutes, einer solchen des Plasmas muß also ein Hauptziel einer Blutanalyse die Bestimmung des prozentualen Verhältnisses zwischen Plasma und Formelementen und daran anschließend die Berechnung der quantitativ-chemischen Zusammensetzung der letzteren sein. Praktisch bedeutet dies eine Bestimmung des relativen Volumens der roten Blutkörperchen als des wesentlichen Anteils an den körperlichen Elementen. (Der Anteil der weißen Blutkörperchen am Gesamtvolumen ist im Verhältnis zu dem der roten normalerweise so gering, daß der Fehler bei ihrer Vernachlässigung nicht mehr als 0,5 % beträgt.)

Die gefundenen Volumenwerte sind aber nicht nur für eine exakte Analyse des Blutes äußerst wichtig; man kann sie weiter kombinieren mit einer Zählung der roten Blutkörperchen und so Schlüsse ziehen auf das absolute Volumen der Erythrocyten, d. h. man kann die Größe des Einzelerythrocyten errechnen.

Wenn erst einmal durch systematische Blutuntersuchungen die Verhältnisse bei den verschiedenen Tierarten und Tierrassen auch unter schwankenden physiologischen Bedingungen erforscht sind, dann werden sich auch klinisch verwertbare Schlüsse aus den Veränderungen des Blutkörpervolumens in pathologischen Fällen ziehen lassen. Ich denke hierbei nur an die infektiöse Anämie der Pferde, Brustseuche und Druse der Pferde, Tuberkulose und Aphtenseuche der Rinder, Stutt-

garter Hundeseuche usw., bei welchen Krankheiten man schon sehr weitgehende Veränderungen des Blutbildes gefunden hat (1).

Nachdem das zu erreichende Ziel erkannt war, lag natürlich der Gedanke am nächsten, das Blut einfach zu filtrieren und so das Plasma von den Körperchen zu trennen. Doch scheiterte dies daran, daß die Blutkörperchen sogar durch die feinsten Filter glatt hindurchgingen, was verständlich ist, wenn man bedenkt, daß sie sich im Körper auch durch die feinsten Kapillaren hindurchzwängen. Wenn es auch teilweise gelang, die Blutkörperchen als Rückstand auf dem Filter zu erhalten, so waren doch diese nie frei von Plasma und wurden bei dem versuchten Auswaschen in ihrer Qualität zu sehr verändert. Man kam deshalb sehr bald von diesen primitiven Versuchen ab, und es wurden verschiedene Methoden ausgearbeitet, die teils auf direktem, teils auf indirektem Wege das erstrebte Ziel zu erreichen suchten.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Methoden, soweit sie zu seiner Zeit schon bestanden, gibt Minnigerode (2).

A. Indirekte Methoden.

Diese bedienen sich irgend einer Substanz oder Eigenschaft, die einer der beiden Componenten des Blutes allein eigen ist, und berechnen aus der gefundenen Differenz der Werte in Plasma und Gesamtblut bzw. roten Blutkörperchen und Gesamtblut das Volumenverhältnis zwischen Plasma und Blutkörperchen.

1. Chemische Methoden.

Die älteste von diesen ist die von Prévost und Dumas (2) ausgearbeitete. Sie nahmen an, daß die Blutkörperchen feste, wasserfreie Gebilde seien, die vom Plasma nur wie eine spongiöse Masse, wie ein Schwamm, durchtränkt seien. Von dieser Voraussetzung ausgehend, verfuhren sie nun folgendermaßen: Sie ließen eine gewogene Portion Blut bis zur vollständigen Kontraktion des Blutkuchens stehen und gossen dann das Serum, so gut es ging, ab. Dieses wurde der Analyse unterworfen und sein prozentischer Gehalt an Wasser bzw. Trockensubstanz bestimmt. Dann untersuchten sie den Blutkuchen gleichermaßen. Die zu der in letzterem gefundene Wassermenge gehörige Trockensubstanz wurde nun an Hand der vorher angestellten Serumanalyse bestimmt und von der Gesamttrockensubstanz abgezogen. Den Rest sollten dann die Blutkörperchen plus Fibrin bilden. Es ist verständlich, daß die gefundenen Werte niemals die richtigen sein konnten, doch bedurfte es fast 25 Jahre, bis der Grundirrtum dieser Hypothese, daß die Blutkörperchen vom umgebenden Plasma durchtränkt seien, erkannt wurde.

C. Schmidt (2), der als erster diesen Irrtum feststellte, arbeitete aber trotzdem mit dem von Prévost und Dumas geschaffenen Be-

griff der „trockenen Blutkörperchen“ weiter. Er behauptete, die „trockenen“ müßten in einem bestimmten konstanten Verhältnis zu den „feuchten“ stehen. Dieses suchte er nun auf experimentellem Wege zu bestimmen. Er erhielt mit seiner Methode einen Gewichtsanteil der Blutkörperchen des Menschen am Gesamtblut von durchschnittlich 51 %. Dazu nimmt Welcker (3) in seiner Arbeit: „Größe, Zahl, Volumen, Oberfläche und Farbe der Blutkörperchen bei Menschen und Tieren“ kritisch Stellung und schreibt:

„Ein solches Blut würde zumal in engeren Gefäßen kaum zu fließen vermögen, es würde sich, mehr als zur Hälfte aus geformten Elementen bestehend, wie ein dicklicher Brei fortschieben.“

Die ersten wirklich zuverlässigen und brauchbaren Methoden sind von Hoppe-Seyler (4) geschaffen worden; insgesamt waren es deren drei. Einmal nimmt er an, daß das bei der Blutgerinnung gebildete Fibrin ausschließlich aus dem Plasma stammt, und läßt einen eventuellen Einfluß der farblosen Blutzellen, weil unerheblich, unberücksichtigt. Er bestimmt die Fibrinmenge im Gesamtblut sowohl als auch im Plasma und errechnet daraus den prozentischen Anteil des Plasmas am Gesamtblut und damit andererseits auch den der Blutkörperchen. Diese Methode lieferte sehr gute Werte, war aber nur bei solchem Blut anwendbar, bei dem sich die Blutkörperchen verhältnismäßig rasch senken, z. B. bei Pferdeblut. Bei den anderen Tierarten senken sich die Blutkörperchen so langsam, daß an ein Abheben des Plasmas vor eingetretener Gerinnung nicht zu denken ist.

Seine zweite Methode stützt sich auf Stoffe, die den Blutkörperchen angehören, nämlich das Hämoglobin und die eventuellen Albuminstoffe. In zwei gleichen Mengen defribinierten Blutes wird einmal der Gehalt des Gesamtblutes, in der anderen Probe der Gehalt der Blutkörperchen an obigen Substanzen bestimmt. Zieht man den zweiten Wert vom ersten ab, so erhält man das Gewicht für den Gehalt des Serums an den betreffenden Stoffen. In einer Serumanalyse wird nun noch der prozentische Gehalt des Serums an denselben festgestellt. Durch einfache Rechnung läßt sich jetzt der Gewichtsanteil der Formelemente am Gesamtblut ermitteln. Zur Bestimmung des Gehaltes der Blutkörperchen an Hämoglobin und Albuminstoffen wurde die gewogene Menge defibrinierten Blutes zum Dekantieren (Dekantationsmethode) stehen gelassen, das Serum abgegossen und die Blutkörperchen mehrere Male mit 1,5 % Kochsalzlösung ausgewaschen. Die Blutkörperchenaufschwemmung wurde dann der Analyse unterworfen. Voraussetzung für die Methode war, daß der gewaschene Blutkörperchenbrei wirklich frei von Serum war und daß kein Verlust an Hämoglobin und Albuminstoffen eintrat. Dies war tatsächlich auch nicht der Fall. Die Schwierigkeit war weiterhin, die Blutkörperchen mancher Blutarten vollständig zum Absetzen zu bringen. Doch bestehen heute

bei den verbesserten Zentrifugen keine Hindernisse mehr. Immerhin ist die Ausführung dieser Methode nach Hoppe-Seyler's eigenen Angaben ziemlich umständlich.

Zu ihrer Vereinfachung sind zwei Variationen geschaffen worden. Die eine veröffentlichte Bleibtreu (5). Er verzichtete auf die langwierige Bestimmung von Hämoglobin und Albuminstoffen im Blut, Serum und dekantierten Blutkörperchenbrei und ermittelte dafür den Stickstoffgehalt in denselben nach der von Kjeldahl vorgeschlagenen Methode. Zwar stellt dies eine Erleichterung und Abkürzung dar, doch ist dagegen einzuwenden, daß beim Auswaschen der Blutkörperchen mit geeigneten Salzlösungen wohl die von Hoppe-Seyler verwendeten Eiweißkörper (Hämoglobin und Albuminstoffe) unberührt bleiben, nicht dagegen die gesamte stickstoffhaltige Substanz. Zumindest wird bei dieser Prozedur der Harnstoff aus den Blutkörperchen entfernt. Seine Menge ist allerdings unter normalen Umständen gering, so daß der dadurch bedingte Fehler nicht sehr ins Gewicht fällt.

Eine zweite Abänderung der Hoppe-Seyler'schen Methode wurde von den Schülern Al. Schmidt's angewandt. Sie bestimmten die gesamte Trockensubstanz in Blut, Serum und Blutkörperchenbrei. Zum Auswaschen verwendeten sie 2,5 % Glaubersalzlösung. Dieser Methode läßt sich mit noch größerem Recht als der Modifikation Bleibtreu's der Vorwurf machen, ob und wieviel an Harnstoff und anderen N-haltigen Substanzen bzw. überhaupt an auswaschbaren Stoffen aus dem Blutkörperchenbrei bei dem Auswaschen mit Glaubersalzlösung verloren geht. Man kann sie deswegen kaum als eine Verbesserung ansprechen.

Um den Hindernissen, die seinen ersten beiden Methoden in Bezug auf ihre allgemeine Anwendbarkeit entgegenstanden, aus dem Weg zu gehen, schuf Hoppe-Seyler (4) noch ein drittes Verfahren. Zu der in der zweiten Methode angewandten Bestimmung von Hämoglobin und Albuminstoffen durch Fällung und Wägung kommt hier noch als weiteres quantitativ analytisches Mittel die Bestimmung des Hämoglobingehaltes durch Farbvergleichung mit einer aus reinem Hämoglobin frisch hergestellten Lösung von bekannter Konzentration. Doch ist dieses Verfahren so zeitraubend und umständlich, daß es in der Praxis kaum Anwendung gefunden hat. Zudem leidet es an den unvermeidlichen Ungenauigkeiten, welche an den Blutfarbstoffbestimmungen haften.

Von den vielen Autoren, die mit den Hoppe-Seyler'schen Methoden arbeiteten, sind besonders zwei zu nennen. Einmal wollte Otto (6) feststellen, ob im Pferdeblut der Zucker nur im Plasma oder auch in den Körperchen vorkomme. Er ermittelte zu diesem Zweck den Zuckergehalt des Gesamtblutes und des Plasmas, berechnete daraus die Plasmamenge und verglich den gefundenen Wert mit dem nach der ersten Hoppe-Seyler'schen Methode aus dem Fibringehalt des Blutes und

des Plasmas berechneten. Dabei zeigte sich eine völlige Uebereinstimmung beider Werte. Es konnte also der Schluß gezogen werden, daß im Pferdeblut der Zucker nur im Plasma vorkommt.

Zum anderen stellte Bunge (7) fest, daß das gleiche für das Natrium zutrifft. Er fand sein Ergebnis auch bei Schweineblut bestätigt, nicht dagegen bei Rinder- und Hundeblut.

Inzwischen war durch eine Veröffentlichung M. und L. Bleibtreu's (8) die Bestimmung des Verhältnisses von Blutkörperchen und Plasma auf chemischem Wege wesentlich gefördert worden. Die Anregung dazu erhielten sie von der von Argutinsky (9) veröffentlichten Vereinfachung der Methode der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl-Wilfarth, indem sie diese auf Blut anwandten. Das Prinzip ihrer Methode ist folgendes: Man setzt zu einem bestimmten Quantum defibrinierten Blutes eine bestimmte Menge einer indifferenten Salzlösung zu und läßt die Blutkörperchen sich zu Boden senken. Dann befindet sich darüberstehend eine Salzlösung-Serummischung, die einen prozentisch geringeren Gehalt an Stickstoff aufweist als die reine unverdünnte Blutflüssigkeit. Stellt man nun zwei solcher Mischungen her und sind die Mischungsverhältnisse bekannt, so läßt sich durch je eine Stickstoffbestimmung in jeder Mischung der Stickstoffgehalt des Serums, weiterhin aber auch das relative Volumen desselben und damit das der körperlichen Elemente ermitteln. Anfänglich wurde als Mischflüssigkeit Magnesiumsulfatlösung, späterhin 0,6 % Kochsalzlösung verwendet. Doch waren beide Lösungen den Blutkörperchen gegenüber nicht indifferent. Es kam zur Quellung der roten Blutkörperchen; dadurch wurde die N-Konzentration in den Mischungen größer und das errechnete Blutkörperchenvolumen zu klein (!). Deswegen war die Methode vielen Angriffen ausgesetzt, so vor allem von Hamburger (10), der mit Hilfe des Hämatokrits, auf den ich später noch zurückkomme, feststellte, daß das Sedimentvolumen der roten Blutkörperchen bei Zusatz von 0,6 % Kochsalzlösung zunimmt, d. h. die Blutkörperchen nach diesem Zusatz quellen. Also mußte die verwendete Lösung hypotonisch und eine wirklich isotonische Kochsalzlösung von höherer Konzentration sein. Er gab als solche eine 0,9%ige an. Nach Anwendung dieser Lösung als Mischflüssigkeit erhielt M. Bleibtreu zufriedenstellende Werte. Die Methode hat den Vorteil, daß sie sich für alle Blutarten anwenden läßt, doch ist sie immerhin noch ziemlich umständlich und zeitraubend.

In neuerer Zeit ist von Steinbach (11) die Bleibtreu'sche Methode verbessert worden. Er befreite sie von dem Nachteil, daß sie erhebliche Mengen Blut und Zeit benötigte, dadurch, daß er sie in die Mikromethode übersetzte. Doch wurde dadurch das Arbeiten mit ihr nicht einfacher.

Noch in den letzten Jahren schlug Vavra (12) eine Methode vor, die in dieses Kapitel fällt. Er geht von der Feststellung aus, daß der

Trockenrückstand des unverdünnten Plasmas ein anderes Gewicht hat als der des mit einer bestimmten Menge physiologischer NaCl-Lösung behandelten Plasmas und baut darauf eine ziemlich komplizierte Formel auf. Doch haftet auch an dieser Methode wie überhaupt an allen chemischen Methoden der große Mangel, daß sie zeitraubend und umständlich, auch durch den Verbrauch an Chemikalien teuer ist und trotzdem keinen größeren Grad von Genauigkeit erkennen läßt als die weiter unten beschriebenen einfacheren Methoden.

2. Physikochemische Methoden.

Die erste dieser Art ist wohl von Welcker (3) in seiner schon oben erwähnten Arbeit beschrieben worden. Sie erhebt nicht den Anspruch übermäßig großer Genauigkeit. Verfasser benutzte sie nur, um ein ungefähres Bild der Verhältnisse im Blut geben zu können. Er fertigte sich makroskopische Modelle der mikroskopisch ausgemessenen roten Blutkörperchen an, stellte die Anzahl der Blutkörperchen in einer bestimmten Raumeinheit fest und kam so unter Berücksichtigung der enormen Vergrößerung der Modelle zu ziemlich annähernden Werten für die Volumenprozente der roten Blutkörperchen.

Von den verschiedenen Methoden, welche durch Messung der verschiedenen spezifischen Gewichte zum Ziel zu gelangen suchten, war die erste die von M. und L. Bleibtreu (8) vorgeschlagene. Sie mischten eine gemessene Menge Blut mit einer gemessenen Menge physiologischer Kochsalzlösung und ließen die Blutkörperchen absetzen. Das spezifische Gewicht der nach dem Absetzen gewonnenen Salzlösung - Serummischung ist dann gleich der Summe der beiden Mischungsteile, Salzlösung und Serum. Da die Serummenge gleich Blutminus Blutkörperchenmenge ist, können sie so rechnerisch die Blutkörperchenvolumenprozente ermitteln. Die Bestimmung der spezifischen Gewichte wird mit Hilfe von Pyknometern vorgenommen. Auch diese Methode litt anfänglich unter dem prinzipiellen Fehler, daß als Mischflüssigkeit eine heterotonische 0,6%ige Kochsalzlösung benutzt wurde.

Da die Verwendung von Pyknometern besonders bei Pferdeblut wegen der eintretenden Entmischung Ungenauigkeiten mit sich bringt, benutzte Eijkman (13, 14), der die Methode anwandte, um festzustellen, ob das Tropenklima einen Einfluß auf das Blutkörperchenvolumen habe, das von ihm sinnreich modifizierte Verfahren des schwebenden Tropfens nach Hammerschlag. Er stellte fest, daß der Tropfen sich je nach seinem spezifischen Gewicht in einer bestimmten Höhe der Chloroform—Benzolmischung einstellte. Er hält nun eine Reihe von Salzlösungen vorrätig, die ganz kleine Differenzen im spezifischen Gewicht aufweisen. Sie sind zur Unterscheidung mit verschwindend kleinen Mengen verschiedener Anilinfarbstoffe gefärbt. Der zu untersuchende Tropfen hat dann dasselbe spezifische Gewicht wie der Salzlösungstropfen, in dessen Höhe er sich einstellt.

Auch E. Grawitz (15) ermittelte das relative Blutkörperchenvolumen mit Hilfe der spezifischen Gewichte. Er nimmt frisches, unverändertes Blut, das er sofort nach der Entnahme zentrifugiert, und trennt Blutkörperchen und Plasma. Dann bestimmt er mittels Pyknometern bzw. der Hammerschlag'schen Chloroform—Benzolmischung das spezifische Gewicht der Körperchen = D_3, das des Serums = D_2 und das des Blutes = D_1. Nun ist der Prozentgehalt des Blutes an Serum

$$x = \frac{100 \cdot (D_3 - D_1)}{D_3 - D_2} .$$

Die Schwierigkeit dieser Methode liegt offenbar darin, die Blutkörperchen rein zu bekommen.

Dieser Mangel wurde von Schrottenbach (16) beseitigt, der sich die inzwischen von Köppe (17) beschriebene Erscheinung, daß die Blutkörperchensäule bei Zentrifugieren mit genügend hoher Tourenzahl lackfarben wird, ohne daß die Blutkörperchen dabei eine Veränderung erleiden, zunutze machte. Er konstruierte ein Gefäß, dessen unterer Teil, in dem sich die Blutkörperchen sammelten, abschraubbar war. Die Bestimmung der spezifischen Gewichte nahm er durch Wägung vor, indem er die zu untersuchende Flüssigkeit in genau ausgewogene Ostwald'sche Pipetten einsaugte, die fast kapillare Ansatzröhren hatten und aus denen vom Inhalt nichts mehr ausfloß.

Für die Bleibtreu'sche Methode der Bestimmung des Verhältnisses von Blutkörperchen und Plasma durch Ermittlung des spezifischen Gewichts einer Mischung von Blut und physiologischer Kochsalzlösung sind im Laufe der Zeit verschiedene Modifikationen geschaffen worden; einmal die schon erwähnte Methode von Steinbach (11), die auf der Bestimmung des Stickstoffgehalts aufgebaut ist, zum anderen die Methode nach Paechtner-Gösling (18), auf die ich später noch ausführlicher eingehen will, weil mit ihr gearbeitet worden ist. Vor diesen Autoren beschrieb Bence (19) eine Variation, die statt der spezifischen Gewichte der Refraktionsindices verwendete. Diese bestimmte er mit einem Abbé'schen Refraktometer. Er mischte die unbekannte Serummenge im Blut S, die den Refraktionsindex R hat, mit einer bekannten Menge physiologischer Kochsalzlösung, die den Refraktionsindex 1,3342 hat, und setzte den Refraktionsindex der Mischung (S+K) = Rx. Er war also $S \cdot R + K \cdot 1{,}3342 = (S + K)\,Rx$ oder

$S = K \cdot \frac{Rx - 1{,}3342}{R - Rx}$. Da S außerdem gleich 100 minus Blutkörperchenvolumen ist, konnte er das relative Blutkörperchenvolumen ebenfalls mit seiner Methode finden. Um die beim Zentrifugieren der hergestellten Mischung zu erwartende Verdunstung zu verhindern, goß er

obenauf eine Oelschicht. Als Gebrauchsmethode ist die Bence'sche in Anbetracht ihrer verhältnismäßig leichten Ausführbarkeit durchaus zu beachten.

Auf der Suche nach einer auch für den Kliniker brauchbaren, schnellen und einfachen Methode der Blutkörperchenvolumenbestimmung probierte Alder (20) das vorher von Ulmer angegebene Verfahren, das die Viskosität des Blutes zu Hilfe nimmt. Das Resultat war nicht günstig. Die Bestimmung auf diesem Weg verlangt, daß man vorerst Normalkurven aufstellt, die es ermöglichen, den Plasmaprozentgehalt abzulesen. Zu diesem Zweck wird ein Koordinatensystem angelegt, dessen Ordinate die Viskositätswerte, die Abszisse den Prozentgehalt an Plasma angibt. Dann stellt man Plasma—Kochsalzmischungen in bekanntem Verhältnis her und fügt die bestimmten Werte als Korrelationspunkte in das Koordinatensystem ein. Hat man eine solche Kurve angelegt, so ist es möglich, die prozentuale Plasmamenge jeder Mischung anzugeben, wenn man deren Viskosität bestimmt und aus der Kurve abliest, welchem Mischungsverhältnis dieselbe entspricht. Stellt man sich vor, man hätte für jedes Plasma, gleich welcher Viskosität, z. B. von 1,6 bis 2,3 Kurven, so wäre es möglich, in jedem Blut den Anteil der Formelemente durch zwei Bestimmungen, nämlich die des Vollplasmas und die des Gemisches zu ermitteln. Bei der Eichung dieser Kurven machte nun Alder die Feststellung, daß Plasmen mit entsprechender Viskosität, aber verschiedenem Eiweißgehalt nicht gleiche Kurven zeigen. Es war ihm damit nicht möglich, Normalkurven aufzustellen. Nach den neueren Erkenntnissen über die Viskosität muß eine Aufstellung von Normalkurven durchaus möglich sein, nur mußte die Verdünnung nicht mit Kochsalzlösung, sondern mit Plasma vom gleichen Blut vorgenommen werden und zur Eichung der Blutkörperchenvolumenwert erst einmal mit einer exakten Methode bestimmt werden. Nachdem Alder aber die Methode abgelehnt hatte, benutzte er für seine Bestimmungen die Refraktion, mit der er auch klinisch durchaus brauchbare Werte erhielt. Wnuck (21) hat dann später doch die Alder'schen Kurvenbündel zu seinen viskosimetrischen Untersuchungen verwendet, die gefundenen Werte für das BKV mit den durch die refraktometrische Methode ermittelten verglichen und glaubt ganz gute Uebereinstimmung gefunden zu haben. Die nach der viskosimetrischen Methode gefundenen Werte waren im allgemeinen etwas höher.

Um die Genauigkeit der Bence'schen Methode zu erhöhen und sie auch für wissenschaftlich-exakte Untersuchungen brauchbar zu machen, verwendete Kaufmann (22) statt des Refraktometers das Interferometer. Er überzeugte sich erst durch entsprechende Versuche, daß Gemische von Plasma bzw. Serum mit physiologischen Salzlösungen (isotonischer Kochsalzlösung, Ringer, Normosal) sich wie echte Gemische verhalten, d. h. daß die spezifische Refraktion der Mischung gleich der Summe der Refraktionen der einzelnen Flüssigkeiten unter

Berücksichtigung ihres anteilmäßigen Verhältnisses ist. Um den Meßfehler möglichst klein zu machen, gibt er statt der sonst verwendeten Sahli'schen Pipette eine Halbverdünnungspipette an. Diese besteht aus zwei inhaltgleichen Reservoiren von 0,1 ccm und einer Mischampulle von 0,6 ccm mit Perle, die kapillar miteinander verbunden sind und infolgedessen eine genaue Abmessung erlauben. Man saugt mit der Pipette zuerst Salzlösung bis 0,1, dann Blut bis 0,2 auf, zieht kurz und vorsichtig in die Mischampulle hoch, schüttelt gut durch und entleert sofort in ein kleines U- oder Ausscheideröhrchen, wobei etwa noch anhaftende Reste ausgespült werden. Der Vorzug gegenüber der Sahlischen Pipette besteht darin, daß ein zweimaliges Wiederaufsaugen und Entleeren in Uhrschälchen, wobei auch Verdunstung eintreten kann, überflüssig ist. Bei Beherrschung der Meßtechnik gibt Kaufmann den Maximalfehler seiner Methode mit 1—2 Volumenprozent an.

Kurz nachdem die Gebrüder Bleibtreu ihre Methoden veröffentlicht hatten, entdeckten im Jahre 1897 fast gleichzeitig W. Roth (23), St. Bugarsky und F. Tangl (24) sowie G. N. Stewart (25), daß die Bestimmung des relativen Volumens von Plasma bzw. Serum und Blutkörperchen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit möglich sei. Nachdem vorher schon Gryns (26) festgestellt hatte, daß die Blutkörperchen für Ionen nicht durchlässig, also Nichtleiter sind, fand Rothe, daß die Leitfähigkeit des Blutes gegenüber der des Serums herabgesetzt ist und zwar umso mehr, je mehr Blutkörperchen das Blut enthält. Er nahm an, daß diese Herabsetzung der Leitfähigkeit proportional dem Blutkörperchenvolumen sei, und glaubte, das BKV bestimmen zu können. Demgegenüber stellten Bugarsky und Tangl fest, daß die Leitfähigkeit des Blutes zwar nicht, wie Roth annahm, einfach umgekehrt proportional dem relativen Volumen der Blutkörperchen ist, daß sich aber diese Beziehungen durch eine lineare Gleichung ausdrücken ließen. Doch sagten sie, daß bei weiteren Versuchen auch ihre Gleichung noch verbesserungsfähig wäre. Stewart betont: „Wenn das Blut arm ist an Körperchen (z. B. künstlich verdünnt mit seinem eigenen Serum), so ist das Verhältnis $\frac{r}{R} = \frac{v}{V}$ (wobei R,r die Widerstände und V,v die Volumina des Blutes, respektive des Serums bezeichnen) annähernd richtig. Aber dieses einfache Verhältnis gilt nicht mehr, wenn das Blut körperchenreich ist, wahrscheinlich weil in diesem Falle die Gestalt der Leiter, d. h. die dünnen Fäden von Serum zwischen den Körperchen, und nicht allein das relative Volumen des Serums von Einfluß ist. Er gibt deshalb zwei komplizierte Formeln an, mit denen er seine Versuche an Hundeblut auswertete (27). Später verbesserte er diese noch, indem er sie von der Temperatur unabhängig machte (28). Die Befunde von Bugarsky-Tangl und Stewart wurden durch Oker-Blom (29) nachgeprüft und bestätigt, der die Methode vereinfachte, indem er die graphische Darstellung einführte.

Zur Ermittlung seiner Kurve benutzte er die Versuchsreihen von Stewart. Fränkel (30) benutzte bei der Kontrolle der Kurve die Bleibtreu'sche Methode der Stickstoffbestimmung zur Eichung. Er wandte sein Verfahren auch auf pathologisches Blut an (Chlorose, perniziöse und sekundäre Anämie) und betonte von neuem die hervorragende Bedeutung der Bestimmung des Blutkörperchenvolumens für die klinische Diagnostik. Auch Gram (31) bediente sich der graphischen Darstellung. Er benutzte als Meßanordnung vergleichsweise die auch von Fränkel verwendete Wheatstone'sche Brücke und das Ionometer von Christiansen. Nachdem er mit letzterem Instrument fast genau so gute Werte erhielt, glaubte er dies wegen seiner leichteren Bedienbarkeit vorziehen zu können. In neuester Zeit hat Ponder (32) das BKV durch Messungen mit der Hochfrequenzmeßbrücke bestimmt und die gefundenen Werte mit gleichzeitig mit der Hämatokritmethode ermittelten sehr gut übereinstimmend gefunden. Zur gesamten Methodik der Leitfähigkeitsbestimmungen ist zu sagen, daß die Blutkörperchen nicht mit indifferenten Sandkörnern gleichgesetzt werden können. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die Körperchen gegenüber gewissen Ionen durchgängig sind. Ege (33) glaubt sie auf Grund eigener Versuche ablehnen zu können, weil die Methode weder besonders leicht noch genau ist. Auch Hamburger (34) hält sie nur für defibriniertes Blut anwendbar; zudem erscheint es ihm fraglich, ob es gleichgültig ist, von welcher Tiergattung das Blut stammt, da aus dem schon angegebenen Grund der Ionenwanderung verständlicherweise auch die beschriebenen Kurven nicht mehr stimmen können.

Im Zusammenhang mit seiner Leitfähigkeit beschreibt Stewart (27) noch eine kolorimetrische Methode. Er zentrifugiert eine bekannte Menge Blut und pipettiert das blutkörperchenfreie Plasma möglichst genau ab. In diesem wird etwas Oxyhämoglobin gelöst. Dann wird eine bekannte Menge der gefärbten Lösung zu dem übrig gebliebenen Blutkörperchenbrei, dessen Volumen bekannt ist, hinzugefügt. Nachdem vermischt worden ist, wird wieder zentrifugiert und das gefärbte Plasma abpipettiert. Durch Vergleich zwischen der Farbenstärke des zugesetzten und abpipettierten Plasmas berechnet man, wieviel Plasma noch in dem Blutkörperchenbrei vorhanden war. Wenn auch gegen diese Methode keine theoretischen Beschwerden zu bestehen scheinen, so leuchtet doch ein, daß sie nur in den Händen eines sehr Geübten zuverlässige Werte gibt, denn genaue quantitative kolorimetrische Differenz-Messungen gehören nicht zu den leichtesten.

B. Direkte Methoden.

Nachdem die anfänglichen Versuche, durch Filtrieren Plasma und Blutkörperchen zu trennen, gescheitert waren, versuchte Biernacki (35) mit Hilfe der Sedimentation zum Ziele zu gelangen. Er führte seine

Versuche an Menschenblut aus. Das Blut wurde in graduierten Zylindern stehen gelassen. Zur Verhinderung der Gerinnung wurden 0,1 % Natriumoxalatpulver zugesetzt. Die endgültige Ablesung erfolgte, wenn keine Verringerung des Sedimentvolumens mehr festzustellen war. Dies war nach einigen Tagen der Fall. Die von ihm gefundenen Werte bewegen sich nur bei pathologischem Blut unter 50 %. Für diese Methode gilt deshalb auch der schon anläßlich der Kritik der Schmitt'schen Methode zitierte Ausspruch von Welcker, daß ein solches Blut sich nur wie ein dicklicher Brei fortbewegen würde.

Ich komme nun zu der Methode, mit der ich selbst gearbeitet habe, und die ich aus diesem Grunde in ihrem Prinzip, ihrer Entstehung und ihren Verbesserungen etwas ausführlicher erläutern will: Die Hämatokritmethode. Ihr Prinzip besteht darin, daß die Blutkörperchen als die spezifisch schwereren Blutbestandteile beim Zentrifugieren sich am weitesten von der Achse entfernt einstellen würden. Es ist einleuchtend, daß auf diese Art gefundene Werte dem relativen Blutkörperchenvolumen zumindest wesentlich näher kommen als nach einfacher Sedimentierung gefundene. Veröffentlicht wurde die Methode erstmalig von Blix und Hedin (36). Sie mischten das Blut mit dem gleichen Volumen Müller'scher Lösung (2 % Bichromat + 1 % Natriumsulfat), füllten es in graduierte Röhrchen und zentrifugierten solange, bis die rote Blutkörperchensäule nicht mehr merkbar abnahm. Sie wollten dadurch nicht das werkliche Gesamtvolumen der roten Blutkörperchen bestimmen, sondern nur das relative Volumen. Ein großer Vorteil ihrer Methode war, daß sie auch Aufschluß gab über das Leukocytenvolumen. So untersuchten sie z. B. einen Patienten mit Leukämie und fanden im Blut 28,6 Vol.% weiße und 21,2 Vol% rote Blutkörperchen. Eine Verbesserung der ganzen Methode wurde von Gärtner (37) vorgeschlagen. Er benutzte eine Kapillarpipette von 0,02 ccm Inhalt, die oberhalb der Marke eine kleine Erweiterung hat. Das Untersuchungsgefäß selbst ist eine 5,5 cm lange Bürette, an die ein spitz zulaufender Glastrichter angeschmolzen ist. Sie trägt eine in hundert Teile geteilte Skala, deren Nullpunkt sich am unteren Ende befindet. Dieses trägt ein Schraubengewinde und kann mittels eines Verschlußstückes aus Hartgummi hermetisch verschlossen werden. Man bringt nun zunächst einen Tropfen 2,5 % Bichromat in den Trichter der Bürette und mittels eines Neusilberdrahtes an den Boden der Röhre. In die Ampulle der Pipette wird nun etwas Bichromat aufgesogen und sofort anschließend Blut bis zur Marke. Dann läßt man den gesamten Inhalt in den Trichter der Bürette auslaufen und mischt gut durch. Durch die nachlaufende Spülflüssigkeit ist alles Blut aus der Pipette entfernt worden. Es befinden sich also 0,02 ccm in der Bürette, deren geeichter Fassungsraum auch genau ebenso viel faßt. Nun wird in einer Kreiselzentrifuge zentrifugiert, die allerdings von sehr primitiver Beschaffenheit ist. Sie besteht aus einer kreisrunden Büchse, deren Boden und

Deckel Mantelflächen eines sehr flachen Konus's darstellen. Um die Achse wird eine Schnur spiralisch aufgewickelt und diese dann rasch und energisch abgezogen. Der Apparat macht nach Gärtner anfangs etwa 3000 Touren. Diese Manipulation wurde 3- oder 4mal wiederholt. Das Verfahren hatte den Vorteil, daß vom Blut nichts verdunsten konnte, und daß nur eine genaue Abmessung gemacht zu werden brauchte. Es ist aber verständlich, daß bei einer derartig einfachen Versuchsanordnung, wenn sie auch durch den noch in den ersten Anfängen steckenden Bau der Zentrifugen so bedingt war, die gefundenen Werte viel zu hohe sein mußten. Es wurden deshalb auch alsbald mehr oder weniger schwerwiegende Einwände gegen die Methode gemacht. So wirft M. Bleibtreu (38) ihr vor, daß sie einen prinzipiellen Fehler enthalte und absolut richtige Werte nicht ergeben könne, weil zwischen den Körperchen immer noch etwas Plasma zurückbleibe. Es müßten sich die Körperchen sonst schon so fest aneinander legen unter Veränderung ihrer Gestalt, daß sie eine solide Masse bildeten. A priori sei also anzunehmen, daß die erzielten Werte zu groß sein würden. Zudem benötigte er bei seinen Kontrollversuchen bei Pferdeblut unter Anwendung des Gärtnerschen Hämatokrits nicht 8—10 Minuten, wie Gärtner (37) angegeben hatte, sondern teilweise eine Stunde, um konstantes Volumen zu erreichen. Auch meinte er, daß die Methode relativ richtige Werte nicht ergeben könne, weil die schnellere oder langsamere Sedimentierung nicht allein abhängig sei von dem Unterschied des spezifischen Gewichts von Körperchen und Plasma, da z. B. beim Pferd der Wert des spezifischen Gewichts dieser beiden Bestandteile nur unbedeutend schwanke, auch die Größe der einzelnen Körperchen annähernd konstant sei, und trotzdem sei der zeitliche Verlauf der Sedimentierung bei verschiedenen Versuchen durchaus verschieden. Auch wären beim Schwein hinsichtlich des spez. Gewichts von Körperchen und Plasma und der Größe der Einzelkörperchen annähernd dieselben Verhältnisse wie beim Pferd vorhanden, und trotzdem sedimentiere das Schweineblut viel langsamer als das Pferdeblut. Kämen dann noch wie z. B. beim Menschen Schwankungen im spez. Gewicht und in der Größe des Körperchens hinzu, so sei erst recht nicht zu erwarten, daß das Minimum des Sediments in einem konstanten Verhältnis zu dem wirklichen Volumen stehe. Bei seinen Vergleichsversuchen mit seiner Methode der Stickstoffbestimmung, die angeblich das wahre Volumen ermitteln sollte, fand er auch, daß die Hämatokritwerte einmal zu groß ausfielen, und daß außerdem kein gesetzmäßiges Verhalten der falschen zu den richtigen Werten festzustellen war. Er schließt seine Abhandlung mit dem Wunsch, daß der Hämatokrit möglichst bald wieder aus den klinischen Laboratorien verschwinden möge.

Auch Biernacki (35) rät bei analytischen, besonders quantitativen Untersuchungen über die Blutkörperchen von der Anwendung der Zentrifugalkraft dringend ab. Er benutzte den von Gärtner angegebenen

Hämatokrit und verglich die erhaltenen Werte mit seiner Sedimentiermethode. Dabei fand er, daß die Hämatokritwerte fast regelmäßig niederer waren. Er glaubte daraus schließen zu können, daß die Zentrifugalkraft den Prozeß der Plasmaausscheidung aus den Blutkörperchen wesentlich beeinflußt, dabei anscheinend den Gedankengängen Al. Schmid's (2) über die „feuchten" Blutkörperchen folgend.

In einer kritischen Untersuchung seiner Methode und der gegen sie von den erwähnten Forschern erhobenen Vorwürfe gibt Hedin (39) ohne weiteres zu, daß die von ihm erhaltenen Werte noch nicht das wahre Blutkörperchenvolumen darstellen. Er prüft dann die von ihm und seinen Gegnern benutzten Zusatz- bzw. Mischflüssigkeiten und stellt fest, daß das durch Zentrifugieren erhaltene Blutkörperchenvolumen hauptsächlich abhängig ist von der osmotischen Spannung der Verdünnungs- bzw. Konservierungs-Flüssigkeit, daß solche Salzlösungen, die denselben osmotischen Druck ausüben wie das Plasma, das EV nicht ändern, daß stärkere es verkleinern und schwächere es vergrößern. Da nun sowohl die von ihm verwendete Müller'sche Lösung als auch die von Gärtner benutzte 2,5 % Bichromatlösung hypotonisch sind, muß das EV zu groß werden. Ganz anders ist es, wenn man bei der Bleibtreu'schen Methode eine hypotonische Verdünnungsflüssigkeit gebraucht, wie dies tatsächlich M. Bleibtreu tat, indem er eine 0,6 % Kochsalzlösung nahm, dann werden die Werte für das BKV zu klein; dies liegt daran, daß die roten Blutkörperchen Wasser aufnehmen, dadurch wird die Stickstoffkonzentration im Plasma relativ größer und damit auch das errechnete Plasmavolumen, andererseits natürlicherweise das gefundene BKV kleiner. Dadurch erklären sich die harten Vorwürfe, die Bleibtreu gegen die Hämatokritmethode macht. Auch die von Biernacki vorgebrachten Einwände erklären sich durch die Verwendung der Gärtner'schen Variation und durch die benutzte 2,5 % Bichromatlösung. Hedin schlägt nun als Verdünnungsflüssigkeit eine 0,9 % Kochsalzlösung vor, die in 100 ccm 0,1 g Natriumoxalat zur Verhinderung der Gerinnung enthält. Er benutzt eine verbesserte Zentrifuge, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 6000 Touren in der Minute entwickelt. Die Thermometerröhrchen von 35 mm Länge und einer lichten Weite von 5 mm, in denen die Blutmischung zentrifugiert wird, werden in eine Rinne aus Messing gelegt, wo ihre Enden mittels einer Spiralfeder gegen Kautschukplatten gedrückt werden. Sie werden so befestigt, daß ihre äußeren Enden von dem Zentrum der Umdrehungsachse 80 mm entfernt sind. Es können gleichzeitig zwei Blutproben untersucht werden. Die Zeit, innerhalb welcher konstantes Volumen erreicht wird, beträgt meist nicht mehr als 10 Minuten.

Auch Eijkman (13) geht auf die von Bleibtreu gemachten Vorwürfe ein und weist sie zurück, weil nicht die Zentrifugiermethode an sich, sondern die Benutzung einer nicht zweckentsprechenden Mischflüssigkeit Schuld hat an der Unzuverlässigkeit der mit dem erwähnten

Apparat gemachten Bestimmungen. Auf den Einwand, daß die Senkungsschicht nicht in einem bei allen Tierarten gleichen Verhältnis steht, wie schon aus der ungemein großen Verschiedenheit hervorgeht, mit welcher sich der Senkungsprozeß bei dem Blut der verschiedenen Tierarten vollzieht, erwidert er, daß zwar die mit der Zentrifuge für verschiedene Blutsorten ermittelten Werte nicht unter sich vergleichbar sind, indem sie eine je nach der Tierart verschiedene Korrektur (Abzug des Porenvolumens) bedürfen, daß aber sehr wohl das erwähnte Verhältnis für das Blut einer bestimmten Tierart bestehen muß. Dies schließt er aus seinen Untersuchungen über Lösungen, die den gleichen osmotischen Druck bzw. wasseranziehende Kraft haben wie die Blutflüssigkeit. Er benutzte dabei die auf seinen Vorschlag von Gryns (26) ausgearbeitete Methode, die sich der Zentrifugalkraft bedient. Blut wird in einer Vierzahl kalibrierter Röhrchen zentrifugiert bis zum konstanten Sedimentvolumen. Die obenstehende Flüssigkeit wird sorgfältig abpipettiert und durch Kochsalzlösung verschiedener Konzentration ersetzt. Nun wird wieder zentrifugiert bis zur Konstanz des Sedimentvolumens. Jene Lösung, worin sich dieses am wenigsten verändert zeigt, befindet sich bezüglich ihrer Konzentration der mit dem Blutserum isotonischen Lösung am nächsten. Er konnte so eine Differenz von 0,02 % Kochsalzlösung noch sehr deutlich nachweisen. Er schreibt deshalb die weniger zufriedenstellenden Resultate der anderen Forscher nicht der Zentrifugiermethode selbst, sondern der nicht zweckentsprechenden Anwendung derselben zu.

Ebenfalls zur Bestimmung des osmotischen Drucks einer Flüssigkeit benutzte Köppe (40) den Hämatokrit. Er zentrifugiert von demselben Blut eine Probe in der Flüssigkeit unbekannten osmotischen Drucks gleichzeitig mit Proben von Lösungen bekannten osmotischen Drucks; diejenige Lösung, in welcher die Blutprobe dasselbe Sedimentvolumen zeigt wie die Probe in der zu untersuchenden Flüssigkeit, gibt den osmotischen Druck der letzteren an. Auf diese Art untersuchte er auch den osmotischen Druck des Plasmas und fand diesen ziemlich schwankend, indem er nach stattgehabter Nahrungsaufnahme anstieg, um dann wieder abzufallen.

Nachdem es also möglich ist, derartig exakte Bestimmungen mit dem Hämatokrit zu machen, waren die Einwände Bleibtreus gegenstandslos. Trotzdem fand die Methode lange keinen Eingang in die klinischen Laboratorien. Es fehlte immer noch an den geeigneten Zentrifugen. Dadurch bestand die Unsicherheit, daß man die Hämatokritversuche von zwei verschiedenen Untersuchern nicht direkt miteinander vergleichen konnte, da jederzeit der Einwand erhoben werden konnte, die absoluten Zahlen sind nicht vergleichbar, da sie durch verschiedene Zentrifugalkraft erhalten wurden. Wenn auch der Radius der Kreiselzentrifuge derselbe war, so war doch die Umdrehungsgeschwindigkeit eine verschiedene.

Dieser große Mangel wurde nun von Köppe (41) beseitigt. Er verwendete eine neue, von Thilenius konstruierte Zentrifuge mit elektrischem Antrieb. Sie lief 6000 Touren in der Minute. Die Geschwindigkeit wurde durch ein Tachymeter angezeigt, und zwar so, daß jeden Augenblick die Tourenzahl ablesbar war. Mit dieser Zentrifuge gelang es nun, frisches Blut so schnell zu zentrifugieren, daß Blutkörperchen und Plasma voneinander getrennt sind, ehe Gerinnung eintritt, und zwar gelang der Versuch auch ohne Verwendung von Oelpipetten, wie sie Köppe bei seinen vorhergehenden Versuchen mit einer Zentrifuge alten Typs benutzt hatte, um keine gerinnungsverhindernden Salze benutzen zu müssen, weil diese die Konzentration des Blutes beeinflussen. Hierbei machte Köppe nun die Beobachtung, daß bei einer Tourenzahl von über 5000 Touren die Blutkörperchensäule lackfarben wurde, ohne daß Hämoglobin aus den Erythrocyten ausgetreten war. Er untersuchte auf diese Art lackfarben gewordene rote Blutkörperchen mit dem Mikroskop und fand keinerlei Veränderungen an ihnen. Der Grund für dieses Phänomen war also zwingenderweise darin zu suchen, daß das Plasma restlos aus der Blutkörperchensäule verdrängt war, so daß sich die Blutkörperchen dicht an dicht legen konnten. Da diese nun aber an sich durchsichtig sind und die Deckfarbigkeit nur durch die verschiedene Brechung des Lichtes durch die beiden Medien, Plasma und Blutkörperchen, hervorgerufen wird, mußte unter diesen Umständen die ganze Blutkörperchenschicht durchsichtig werden. Wenn aber nichts mehr zwischen den einzelnen Körperchen ist, so gibt die Blutkörperchensäule auch das wahre, das absolute Volumen der Blutscheiben im Blut an. Die Lackfärbung ist der Beweis dafür. Die Thilenius'sche Zentrifuge gestattet demnach nicht allein eine Volumenbestimmung der roten Blutscheiben bei stets bekannter und regulierbarer Zentrifugalkraft, sondern sie ermöglicht auch bei entsprechender Tourenzahl die Bestimmung des absoluten Volumens der roten Blutkörperchen. Wenn sich nun aber die Blutkörperchen so fest aneinanderlegen sollten, daß keine Flüssigkeit mehr zwischen ihnen ist, so müssen sie notwendigerweise ihre Form ändern. Es fragt sich, ob sich dabei auch ihr Volumen ändert. Nachdem aber die Erythrocyten im lebenden Organismus sich durch die feinsten Kapillaren zwängen und dabei notwendigerweise ihre Form sehr stark variiert, ohne daß ihr Volumen geändert wird, ist dies auch beim Zentrifugieren nicht zu befürchten. Außerdem wäre zu bedenken, daß durch die mechanische Gewalt des Zusammenpressens das Volumen geändert wird, indem Flüssigkeit aus den Körperchen ausgepreßt wird. Es steht aber fest, daß die roten Blutkörperchen von einer halbdurchlässigen Wand umgeben sind; eine solche ist aber nur durchgängig für Wasser (und in diesem auch für die diffusiblen Stoffe). Um durch eine semipermeable Membran reines Wasser auszupressen, ist ein hydrostatischer oder mechanischer Druck nötig, der größer ist als der osmotische Druck der Lösung, aus der das Wasser gepreßt

werden soll. Um demnach aus den roten Blutkörperchen Wasser ohne Verletzung der Wand auszupressen, wäre demnach ein Druck von mehr als sieben Atmosphären notwendig. Ein solcher Druck kommt aber in der Zentrifuge nicht zur Wirkung. Nachdem alle diese Einwände entkräftet sind, schließt Köppe seine Veröffentlichung mit den Worten: „Das Problem der absoluten Volumenbestimmung der roten Blutkörperchen ist als gelöst anzusehen."

Köppe führt in seiner Arbeit die Durchsichtigkeit der Blutkörperchen auf die fettähnliche Beschaffenheit ihrer Wände zurück. Dies weist Gryns (42) zurück und sagt, daß es nach der geläufigen Erklärung der Deck- und Lackfarbigkeit des Blutes ganz gleichgültig ist, von welcher Beschaffenheit die Blutkörperchenwände sind, wenn sie nur elastisch sind, sodaß sie sich aneinander schmiegen können. Auf die Behauptung Köppe's, daß die Zentrifugalkraft gegenüber dem vorhandenen osmotischen Druck keine Rolle spiele, entgegnet Gryns, daß Köppe da anscheinend auf falschen Voraussetzungen fuße. Ein Druck von sieben Atmosphären wird nur gebraucht, wenn die roten Blutkörperchen sich in reinem Wasser befinden, vorausgesetzt, daß dies überhaupt möglich wäre. Befindet sich aber an der anderen Seite der Wand eine Lösung, so ist nur die Differenz der beiden Drucke zu überwinden, und da Blutkörperchen und Serum isotonisch sind, ist im Anfang nur eine verschwindend kleine Kraft erforderlich, welche allerdings wächst in dem Maße, wie sich durch den Wasseraustritt ein osmotischer Unterschied zwischen beiden Flüssigkeiten einstellt. Zudem findet er bei einer Nachrechnung der ausgeübten Zentrifugalkraft, daß bei einem Hämatokritröhrchen von 7 cm Länge, dessen Ende 1 cm vom Achsenmittelpunkt entfernt ist, wie dies bei einem hinreichend starken Apparat immer der Fall sein wird, die am äußeren Ende ausgeübte Zentrifugalkraft tatsächlich sogar höher ist als 7 Atmosphären.

Hat Gryns nun recht, so müßte es möglich sein, zumindest bei einem großen Teil der Blutkörperchen den Inhalt vom Stroma zu trennen und sie wie einen Schwamm auszupressen. Dagegen wirft Ege (43) nun ein, daß zwar wohl der osmotische Druck innerhalb und außerhalb der Blutkörperchen der gleiche ist, daß dasselbe natürlicherweise aber auch vom hydrostatischen Druck gilt. Es ist daher nicht zu befürchten, daß das Zentrifugieren so kräftig und langwierig sein kann, daß die Blutkörperchen aus dem Grunde bis auf ein kleineres Volumen zusammengedrückt werden können, als sie normalerweise einnehmen. Um diese theoretische Ueberlegung zu stützen, verglich er die Hämatokritwerte mit Stewarts kolorimetrischer Methode und fand eine vollständige Uebereinstimmung. Er sagt deshalb am Schluß seiner Arbeit: „Die Hämatokritmethode stellt ein leichtes und genaues Mittel zur Bestimmung des wahren Blutkörperchenvolumens dar".

Für wissenschaftliche Zwecke genügte aber die Genauigkeit der Ablesung noch nicht, weil die Einteilung aller Hämatokritröhrchen nur eine

bis auf 1 % genaue Ablesung gestattete. Deshalb ließ sich Kottmann (44) Röhrchen anfertigen, bei denen jeder Teilstrich 0,2 % des Gesamtinhalts bedeutet. Damit dadurch die Länge der Röhrchen nicht zu groß wird, beschränkte er die feste Einteilung auf diejenigen Grenzzahlen, welche wohl für die meisten Bestimmungen genügen werden, d. h. zwischen 8 und 52 %. Die Volumina vor den 8 % und nach den 52 % reduzierte er dadurch auf ein Minimum von Länge, daß er die Enden der Röhrchen ampullenartig aufblasen und sie dann, weil für genaue Bestimmungen bedeutungsvoll, in einem feinen Kanal enden ließ. Die störende Gerinnung verhinderte er durch Hirudin. Durch Versuche wies er nach, daß die molekulare Blutserumkonzentration durch diesen Zusatz nicht in der geringsten Weise verändert wird, da es kein Salz, sondern ein Eiweißkörper, wahrscheinlich ein Deuteroalbumose ist, so kann sein Zusatz das Volumen der roten Blutkörperchen nicht durch Quellungsvorgänge ändern. Auch im mikroskopischen Bild wurde keine Veränderung der Blutkörperchen gefunden.

Um der Hämatokritmethode auch die ihr zukommende klinische Bedeutung zu verschaffen, schlug Allen (45) eine Vereinfachung vor: Er benutzt eine Pipette, deren unteres Ende stumpf ist. Das Rohr ist in 100 Teile geteilt. Das Volumen der Ampulle ist beliebig. Er saugt nun Blut bis zum Teilstrich 100 und sofort anschließend eine beliebige Menge 1,32 % Natriumoxalatlösung, die als isotonisch gilt. Der ganze Apparat wird mit einem Gummiband verschlossen und 15 Minuten bei 2800 Touren zentrifugiert. Die Erythrocyten, als die spezifisch schwereren Bestandteile, füllen den unteren graduierten Teil der Pipette, und man kann den Hämatokritwert an der Graduierung direkt ablesen. Doch dürfte diese Bestimmungsart wohl kaum Verbreitung gewinnen, denn man muß schon sehr großzügig sein, um einen so gefundenen Wert als Hämatokritwert anzusprechen. Aehnliches gilt auch für einen Vorschlag von Forman (46). Er füllt ein Sahlisches Hämoglobinometer bis zur Marke 30 mit 5 % Natriumzitratlösung und bis zur Marke 100 mit Blut und kehrt mehrere Male um. Je eine Ablesung nach 30 und 60 Minuten soll die Senkungsgeschwindigkeit, eine weitere nach 24 Std. das EV angeben. Abgesehen davon, daß eine 5 % Natriumzitratlösung die Blutkörperchen absolut nicht unbeeinflußt läßt, wird sich ein solcher EV-Wert vom wirklichen sehr unterscheiden.

Beachtenswert ist dagegen eine Variation von Mason (47). Er benutzt ein 12 cm langes Pyrex-Kapillarrohr, das an seinem unteren Ende zu einer Kugel von 1,5 cm Durchmesser ausgeblasen ist. Das Rohr ist genau kalibriert und gestattet eine direkte Ablesung von 0,5 %. Die Kugel ist so mit Quecksilber gefüllt, daß die Hg-Säule bei Zimmertemperatur bis zum Beginn der Kalibrierung reicht. Zur Füllung wird nun die Kugel über einer Gasflamme erhitzt, bis das Hg das obere Ende des Rohres erreicht. Läßt man nun das Ganze wieder abkühlen, so zieht der zurückgehende Quecksilberfaden das Blut mit sich in die

Kapillare. Hierauf wird zentrifugiert bis zur Volumenkonstanz. Zur Reinigung wird die Erhitzung erneut vorgenommen.

In dem Zusammenhang ist noch eine Arbeit des Japaners Hirota (48) zu erwähnen. Er glaubt, daß beim Zentrifugieren nie alles Plasma aus der Blutkörperchensäule zu beseitigen ist, und extrapoliert deswegen aus der Volumenabnahme beim fraktionierten Zentrifugieren auf das wahre EV. Leider kann ich die Originalarbeit nicht bekommen, so daß ich mir eine Stellungnahme zu seiner Annahme, daß das Plasma nicht zu beseitigen sei, versagen muß. Möglicherweise war die angewendete Zentrifugiergeschwindigkeit ungenügend.

Es finden sich jedenfalls in der neueren Literatur eine ganze Anzahl Arbeiten, die sich des Hämatokrits zur Bestimmung des EV bedienen. Besonders erwähnen möchte ich hier die verdienstvollen Untersuchungen Luy's (49) an Blut und Serum normaler und an infektiöser Anämie erkrankter Pferde, der sich nach Kottmann'schem Prinzip angefertigter Hämatokritröhrchen bediente. Er zentrifugierte eine Stunde bei 4500 Touren und fand, daß nach einer weiteren halben Stunde Zentrifugieren die Werte höchstens noch um 0,2 % sanken. Es konnte also Konstanz des Volumens angenommen werden.

Andere wieder benutzten die Hämatokritmethode, um ihre eigenen Methoden danach zu eichen, so z. B. Gram (32), der seine Leitfähigkeitskurven danach eichte und dabei den Hämatokrit als sehr brauchbar beschreibt.

Die Methode hat sich also auf der ganzen Linie durchgesetzt.

II. Eigene Versuche.

A. Prinzip und Technik.

Es wurde mir die Aufgabe gestellt, die Frage zu prüfen, ob an Stelle der von Gösling (18) bei seiner polarimetrischen Bestimmung des Blutkörperchenvolumens verwendeten isotonischen Trauben- und Rohrzuckerlösungen vorteilhafter Dextrin- bzw. Stärkelösungen benutzt werden könnten. Da diese beiden Stoffe eine wesentlich höhere spezifische Drehung haben, könnte so die Genauigkeit der Methode wahrscheinlich erhöht werden. Zur Kontrolle der Versuchsergebnisse sollten gleichzeitig ermittelte Hämatokritwerte dienen.

Zur Erläuterung sei das Prinzip der von Gösling, auf Veranlassung Professor Paechtner's ausgearbeiteten Methode erklärt: Setzt man zu dem linksdrehenden Plasma eine rechtsdrehende Flüssigkeit, so wird die Linksdrehung gemindert, und zwar umso mehr, je mehr rechtsdrehende Flüssigkeit der Volumeneinheit Plasma zugesetzt wird. Ist andererseits der Drehungswinkel der Mischung sowohl als auch diejenigen der Mischungskomponenten bekannt, die verhältnismäßige Zusammensetzung der Mischung aber unbekannt, so läßt sich diese aus den Drehungswinkeln berechnen. Da Plasma aber gleich Blut minus Blutkörperchen ist, kann man so auch das Blutkörperchenvolumen ermitteln. Es sei die zur Herstellung der Mischung benutzte Blutmenge = B ccm, die Menge der zur Verdünnung zugesetzten Zuckerlösung = z ccm und x der Prozentgehalt des Blutes an Blutkörperchen, dann beträgt die Gesamtmenge der Flüssigkeit in der Mischung z ccm Zuckerlösung $+ \frac{100 - x}{100}$. B ccm Plasma oder $\frac{100\,z + 100\,B - Bx}{100}$ Flüssigkeit. Daran hat die Zuckerlösung einen Anteil von z ccm oder $\frac{100\,z}{100\,z + 100\,B - B\,x}$ % und das Plasma einen Anteil von $\frac{100\,B - B\,x}{100}$ ccm oder $\frac{100\,B - B\,x}{100\,z + 100\,B - B\,x}$ %. Setzen wir den Drehungswinkel der Zuckerlösung = α, den des Plasmas = β und den der Mischung = γ, so ist also, vorausgesetzt, daß sich die Mischung wie eine „echte Mischung" verhält, der Drehungswinkel der Mischung gleich der Summe der Drehungswinkel der beiden Mischungskomponenten oder

$\gamma = \frac{100\ z}{100\ z + 100\ B - B\ x} \cdot \alpha + \frac{100\ B - B\ x}{100\ z + 100\ B - B\ x} \cdot \beta$. Diese Gleichung nach x aufgelöst, gibt $x = 100\ (1 + \frac{z}{B} \cdot \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma})$. Es sind also 5 Werte zu bestimmen; davon werden z und B durch Messung vor der Mischung ermittelt, während die Winkel α, β und γ im Polarisationsapparat abgelesen werden. Gösling prüfte die Methode an Hand der Steinbach'schen Methode und durch Vergleich mit Hämatokritwerten und fand, daß seine Werte sowohl untereinander als auch mit den Resultaten der anderen verwendeten Methoden gut übereinstimmten. Die größte Abweichung vom Mittelwert betrug 0,8 Vol%. Der Vorteil dieser Methode ist, daß sie rasch und verhältnismäßig einfach auszuführen ist. Die Gösling'sche Versuchstechnik ist folgende: Eine gemessene Menge des mit 0,1 % Natriumoxalat versetzten Blutes wird bald nach der Entnahme mit einer bekannten Menge isotonischer Trauben- (5,54 %) bzw. Rohrzuckerlösung (10,44 %) versetzt und gut durchmischt. Nun wird reines Blut und Mischung zur Gewinnung von Plasma bzw. Zuckerlösung = Plasmamischung zentrifugiert und die gewonnene körperchenfreie Flüssigkeit abpipettiert. Um einigermaßen genaue Resultate mit dem Polarisationsapparat zu bekommen, ist es nötig, daß die Untersuchungsflüssigkeit möglichst klar ist, was nötigenfalls durch einfaches Filtrieren erreicht werden kann. Die Untersuchung des unverdünnten Plasmas wird im 0,25 dm Rohr vorgenommen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen hielt ich mich an diese Versuchstechnik: Ich maß mit Hilfe von Normalpipetten je 10 ccm Blut und Zusatzflüssigkeit (isotonische Rohrzucker- und Stärkelösungen bzw. Dextrinlösungen) ab und stellte mir drei verschiedene Konzentrationen her. Diese zentrifugierte ich gleichzeitig mit einer Probe unverdünnten Blutes 30 Minuten bei einer Tourenzahl von 3000 Touren. Das sich oben absetzende Plasma bzw. die Zuckerlösung-Plasmamischung wurde dann sofort abpipettiert und umgehend im Polarimeter untersucht. Als solches wurde der von der Fa. Schmidt & Hänsch gelieferte Polarisationsapparat nach Landolt verwendet, den mir liebenswürdigerweise Herr Professor Hilz vom Pharmakologischen Institut zur Verfügung stellte. Dieser hat ein dreiteiliges Gesichtsfeld und einen verstellbaren Halbschattenwinkel. Je kleiner dieser gewählt wird, umso größer wird die Empfindlichkeit der Einstellung. Meine Untersuchungen wurden durchweg bei einem Halbschattenwinkel von 1° vorgenommen. Die Teilstriche der Gradeinteilung geben Differenzen von 0,25° an. Durch einen in 25 Teile geteilten Nonius werden diese 0,25° weiter unterteilt, und man kann 0,01° genau ablesen. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde in ein im Institut angefertigtes Polarimeterröhrchen von 0,250 dm Länge gefüllt. Wesentlich war, daß die Deckel des Röhrchens nicht zu fest aufgeschraubt wurden, weil durch

starken Druck die Eigendrehung der das Röhrchen bedeckenden planparallelen Glasplatten verändert wird und die dann erhaltenen Werte von den wirklichen sehr stark abweichen. Als Lichtquelle diente eine in der vorgeschriebenen Entfernung von 22 cm aufgestellte Natriumdampflampe. Die Zimmertemperatur betrug bei allen Untersuchungen ungefähr + 17°. Bei jeder Flüssigkeit wurden, um den Meßfehler herabzudrücken, 10 verschiedene Messungen vorgenommen. Diese zeigten höchstens eine Differenz von 0,04° untereinander. Der maximale mittlere Fehler beträgt also unter obigen Untersuchungsbedingungen 0,004°; das entspricht bei einem BKV. von 40 Vol.-% einem Fehler von 0,35 Vol.-%.

Was die für die Untersuchung benötigte Zeit anbetrifft, so ist folgendes zu sagen: Man braucht für die gesamte Untersuchung für drei Parallelbestimmungen von der Herstellung der Mischung angefangen bis zur Ausrechnung der Ergebnisse ungefähr 90 Minuten. Für meine Hämatokrituntersuchungen brauchte ich, um Lackfarbigkeit zu erreichen, im allgemeinen eine Laufzeit der Zentrifuge von 35 Minuten. Da aber eine so hochtourige Zentrifuge wie die von mir verwendete äußerst empfindlich ist, mußte ich sie, um eine Ueberlastung zu vermeiden, jeweils nach 10 Min. Laufzeit abschalten. Da die Auslaufzeit 7 Min. betrug und dann ein Pause von mindestens 7—8 Min. eingelegt werden mußte, hatte ich auch bei den Untersuchungen nach der Hämatokritmethode einen Zeitbedarf von 90 Min. Wenn man weiterhin bedenkt, daß derartig hochtourige Zentrifugen auch in Hochschulinstituten nur in Ausnahmefällen zur Verfügung stehen, verschiebt sich das Bild sehr zugunsten der polarimetrischen Methode. Da die zur Erreichung der Lackfarbigkeit benötigte Zentrifugierzeit (bei 8000 Touren = 35 Min.) etwa im umgekehrten Verhältnis der Quadrate der Tourenzahl steht, wäre sie bei einer Tourenzahl von 5000 Touren $= 35 \cdot \frac{64}{25}$ Min.; d. h., es wird bei einer solchen Tourenzahl der Zeitbedarf etwa 2½mal größer sein.

Bei den zur Kontrolle der Versuchsergebnisse auszuführenden Hämatokritbestimmungen wurden nach Kottmannschem Prinzip angefertigte Röhrchen verwandt. Sie zeigen im Bereich von 10 bis 50 Volumenprozent eine Graduierung, die eine Ablesung von 0,2 Vol.-% gestattet. Die Volumbereiche unter 10 und über 50 stellen ampullenartige Erweiterungen dar, doch sind diese der bequemeren Füllung der Röhrchen wegen wieder zu feinen Kanälchen ausgezogen. Die Röhrchen wurde in Tuben mit abschraubbarem Deckel verbracht, in deren Boden sowohl als auch im Deckel sich Platten aus einem ziemlich harten Gummi befanden, der sich beim Zuschrauben der Tuben fest an die Oeffnungen der Röhrchen legte, sodaß keine Flüssigkeit verloren gehen konnte. Zum Zentrifugieren wurde eine eigene Hämatokritzentrifuge benutzt, die eine Höchsttourenzahl von 10 000 Touren entwickeln

konnte. Nachdem aber die verwendeten Hämatokritröhrchen schon eine Länge von 135 mm hatten und ihr äußeres Ende sich 165 mm vom Achsenmittelpunkt befand, wurde, weil die Zentrifugalkraft dem Drehradius proportional zunimmt, auf die Ausnutzung der Höchstgeschwindigkeit verzichtet und bei 8000 Touren jeweils bis zur Erreichung der Lackfarbigkeit zentrifugiert.

Bevor die eigentlichen Versuche begonnen werden konnten, mußten zuerst noch einige Fragen geklärt werden.

1. Verhält sich eine Mischung von Plasma mit Dextrin- bzw. Stärkelösung in Bezug auf ihre optische Drehung wie eine „echte Mischung"?

Zur Erläuterung möge eine kurze Charakteristik der Dextrine dienen. Sie sind wasserlösliche Kohlehydrate von hohem Molekulargewicht. Sie sind sehr stark optisch aktiv und ihre spezifische Drehung liegt bei + 200°. Durch Wirkung von Malzauszug werden sie überwiegend in Maltose, durch Säuren in d-Glukose aufgespalten. Je nach ihrer Reaktion gegenüber Jod hat man Amylo-, Erythro-, Achroo- und Maltodextrine unterschieden. Käufliches Dextrin wird hergestellt durch Behandeln von Stärke mit verdünnter Salzsäure, schwefliger Säure oder Salpetersäure. Die Reinigung erfolgt entweder durch Lösen in Wasser und mehrmaliges Fällen mit Alkohol oder durch Dialyse. Die spezifische Drehung liegt bei den verschiedenen Dextrinen zwischen + 133,5° und + 190,8°. Die durch Säuren erzeugten Dextrine ändern ihr Drehungsvermögen durch Zusatz auch großer Mengen Alkali nicht. Das von mir verwendete Dextrin kommt als Dextrinum purum von der Fa. Schering-Kahlbaum in den Handel. Zur Herstellung der Stärkelösungen wurde Amylum solubile sicc. nach Zulkowsky der gleichen Firma benutzt.

Die ermittelte spezifische Drehung des verwendeten Dextrins lag bei + 150,5. Sie schwankte allerdings infolge der nicht ganz einheitlichen Zusammensetzung der Substanz — diese bestand aus Kristallen und Staub — bei den einzelnen hergestellten Lösungen innerhalb gewisser, wenn auch kleiner Grenzen (+ 148,0° und + 152,8°). Die spezifische Drehung der löslichen Stärke lag bei + 163,5°.

In Bezug auf die Konstanz der Drehung konnte ermittelt werden, daß diese beim Dextrin nach ungefähr 2—3 Stunden eintritt, wie sich aus dem untenstehenden Versuch ergibt. Anfänglich war eine kleine Mehrdrehung festzustellen. Nach dieser Frist blieb die Drehung aber konstant. Bei der Stärke war anfänglich eine geringe Wenigerdrehung zu bemerken, die aber ebenfalls nach 2 Stunden verschwand. Wichtig bei diesen Versuchen war, daß sie bei gleichbleibender Temperatur durchgeführt wurden, denn schon Veränderungen der Temperatur um 1 bis 2° ergaben Unbrauchbarwerden des Drehungswertes, weil die Vergleichsmöglichkeit nicht mehr gegeben war.

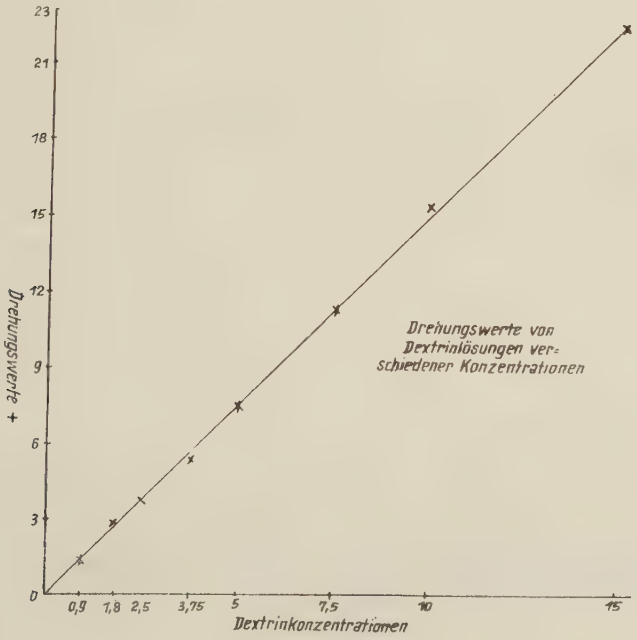
Versuch: Frisch hergestellte 10 % Dextrinlösung, im 1-dm-Rohr bei 20° untersucht:

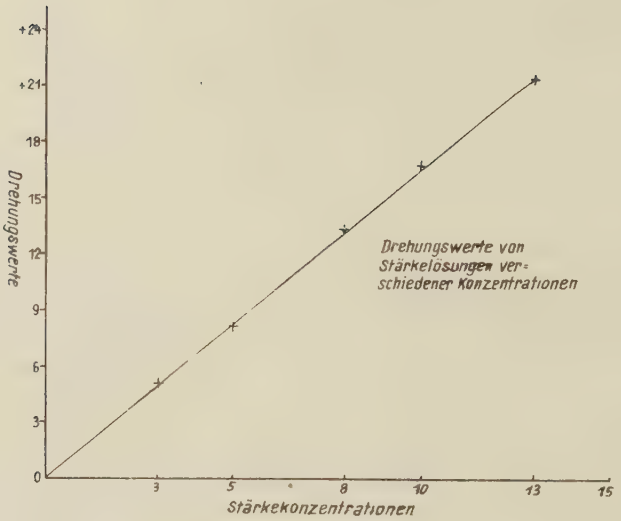
Sofort nach der Herstellung:	+ 15,113°
Nach 1 Stunde:	+ 15,077°
Nach 2 Stunden:	+ 15,068°
Nach 3 Stunden	+ 15,063°
Nach 4 Stunden:	+ 15,067°
Nach 24 Stunden:	+ 15,065°

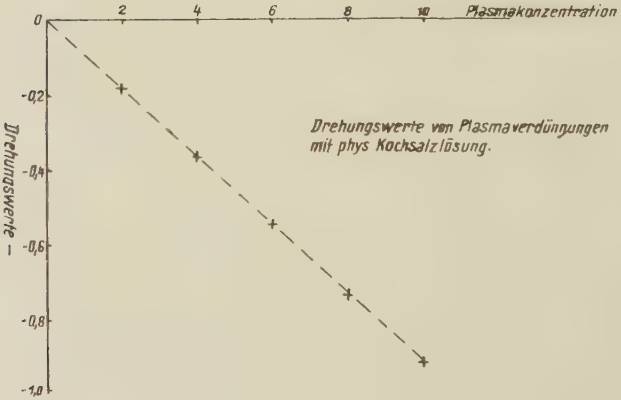
2. Versuch: Frisch hergestellte 13 % Stärkelösung, in 1-dm-Rohr bei 20° untersucht:

Sofort nach der Herstellung:	+ 21,191°
Nach 1 Stunde:	+ 21,234°
Nach 2 Stunden:	+ 21,240°
Nach 3 Stunden:	+ 21,238°
Nach 24 Stunden:	+ 21,240°

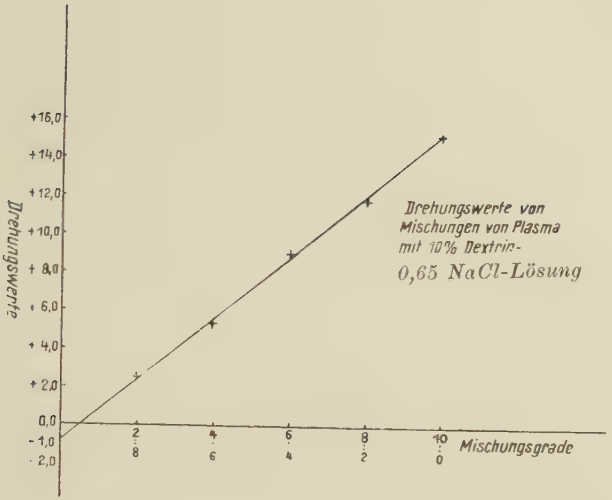
Um den Einfluß von Verdünnungen der Dextrin- bzw. Stärkelösungen mit Aq. dest. und von Plasma mit physiologischer Kochsalzlösung zu studieren, wurden Konzentrationskurven aufgestellt (siehe graphische Darstellung). Es ergab sich, daß alle ermittelten Werte auf einer geraden Linie lagen.

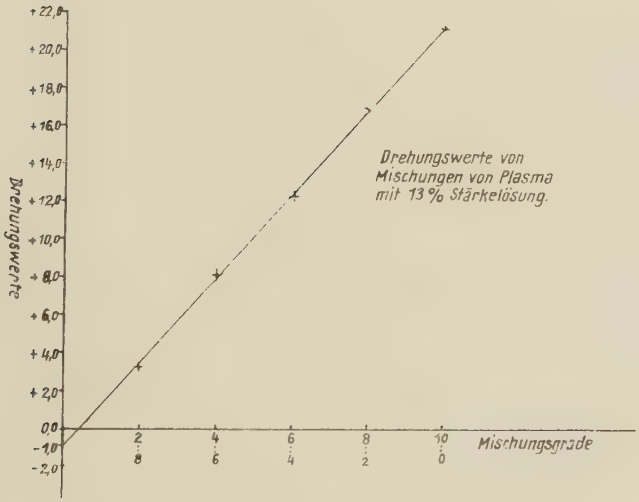






Nachdem diese Punkte geklärt waren, konnten Mischungen von Plasma mit isotonischer Dextrin- bzw. Stärkelösung, auf die ich später zurückkomme, hergestellt werden. Auch die hierfür im Polarimeter abgelesenen Werte befinden sich, abgesehen von geringen Meß- bzw. Ablesungsfehlern, aller auf einer geraden Linie (s. graphische Darstellung).





Es konnte also festgestellt werden, daß sich Mischungen von Plasma mit isotonischen Dextrin- und Stärkelösungen in Bezug auf ihre optischen Eigenschaften wie „echte Mischungen“ verhalten.

2. Wie verhalten sich Dextrin und Stärke den Formelementen des Blutes bzw. dem Gesamtblut gegenüber?

Es mußte bei dieser Frage daran gedacht werden, ob Lösungen obiger Stoffe vermöge ihrer kolloidalen Beschaffenheit etwa eine Schutzwirkung auf die roten Blutkörperchen ausüben würden, oder aber andererseits ob sie — ähnlich den Saponinen — irgendwie hämolysierend wirken würden. Der erste Punkt konnte sehr leicht geklärt werden. Wenn ich zu je einer 5 % Dextrin- oder Stärkelösung gewaschene Blutkörperchen gab, dann mußte, falls keine Schutzwirkung vorhanden war, wegen des geringen osmotischen Drucks der beiden Lösungen Hämolyse eintreten. Dies war auch tatsächlich der Fall. Stellte ich, um die Frage der hämolysierenden Wirkung zu prüfen, eine 5 % Lösung der beiden Stoffe nicht in Aq. dest., sondern in physiologischer Kochsalzlösung her, dann war die isotonische Konzentration der 0,9 % NaCl-Lösung so geringgradig verändert, daß normalerweise — vorausgesetzt die Stoffe hatten keine hämolytischen Eigenschaften — keine Hämolyse eintreten durfte. Auch diese Ueberlegung wurde durch den praktischen Versuch bestätigt.

Es galt nun die Konzentrationen der beiden Stoffe zu finden, die den gleichen osmotischen Druck ausübten wie das Blut. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Versuchsreihen angesetzt. Es wurde eine 4 % Dextrinlösung in 0,9 % NaCl-Lösung mit Kochsalzlösungen absteigender Konzentration verdünnt. Zum Vergleich wurden Verdünnungen physiologischer Kochsalzlösung angesetzt. Zu je 10 ccm dieser Lösungen wurde je 1 ccm gewaschener Blutkörperchen gegeben und der Beginn der Hämolyse in den beiden Versuchsreihen verglichen. Der Unterschied in der NaCl-Konzentration konnte dann auf den ausgeübten osmotischen Druck des Dextrins zurückgeführt werden. Außerdem wurde eine 3 % Stärke- 0,8 % Kochsalzlösung hergestellt und diese ebenfalls mit Kochsalzlösungen absteigender Konzentration verdünnt. In der untenstehenden Tabelle sind bei den Dextrin- bzw. bei den Stärkelösungen jeweils die NaCl-Konzentrationen angegeben. Der Beginn der Hämolyse ist mit + bezeichnet.

1.	4 %	Dextrin-	0,9 %	NaCl-Lösung			0,9 %	NaCl-Lösung		
2.	4 %	„	0,81 %	„	„		0,81 %	„	„	
3.	4 %	„	0,77 %	„	„		0,72 %	„	„	+
4.	4 %	„	0,72 %	„	„		0,63 %	„	„	++
5.	4 %	„	0,68 %	„	„		0,54 %	„	„	+++
6.	4 %	„	0,63 %	„	„	+				
7.	4 %	„	0,59 %	„	„	++				

Die ausgeübte osmotische Kraft der 4 % Dextrinlösung entspricht also ungefähr 0,1 % NaCl.

1.	3 %	Stärke -	0,8 %	NaCl-Lösung			0,9 %	NaCl-Lösung		
2.	3 %	„	0,76 %	„	„		0,85 %	„	„	
3.	3 %	„	0,72 %	„	„		0,81 %	„	„	
4.	3 %	„	0,68 %	„	„	+	0,77 %	„	„	+
5.	3 %	„	0,63 %	„	„	++	0,72 %	„	„	++

Die 3 % Stärke ersetzen also 0,2 % NaCl. Eine isotonische Stärkelösung müßte also demnach 13,5 % Stärke enthalten.

Zur Kontrolle der angestellten Versuche wurde außerdem der ausgeübte osmotische Druck der verwendeten Lösungen mit Hilfe der Gefrierpunktsbestimmungsmethode bestimmt. Zu diesem Zweck wurde ein Beckmann-Kryoskop in der üblichen Weise benutzt. Die ermittelten Werte waren:

Aqua dest.	2,947 °		
0,9 % NaCl - Lösung	2,386 °	Gefrierpunktserniedrigung:	— 0,561 °
4 % Dextr. 0,8 % NaCl-Lös.	2,388 °	„	— 0,559 °
Aqua dest.	4,530 °		
13 % Stärkelösung	4,010 °	Gefrierpunktserniedrigung:	— 0,520 °

Die biologisch ermittelten Werte wurden also bestätigt.

Weiterhin war wichtig, die Frage zu klären, ob Dextrin oder Stärke in die roten Blutkörperchen eindringen würden. Es ist zwar a priori nicht anzunehmen, daß Stoffe mit einer solchen Molekülgröße in die Erythrocyten eintreten; da aber die Frage der Durchlässigkeit der Erythrocytenwand für die verschiedenen Stoffe noch lange nicht geklärt ist, scheint es wichtig genug, auch dieses Gebiet zu erörtern. Da ich bei meinen eigentlichen Versuchen vornehmlich mit Rinderblut arbeitete, interessierte mich besonders eine Veröffentlichung von Ulrich (49) über die Permeation lipoidunlöslicher Nichtleiter von relativ großem Molekularvolumen in die Erythrocyten von Säugetieren. Er prüfte zahlreiche Stoffe mit Hilfe der von Netter und Orskov (1932) angegebenen Methode der Messung der Geschwindigkeit der Hämolyse mit Hilfe der Sperrschichtphotozelle und fand, daß die roten Blutkörperchen vom Rind für Erythrit durchlässig sind, weniger für Isodulcit und Alanin, ganz wenig für Xylose und Arabinose. Vollständig undurchlässig fand er sie für Saccharose, Mannit und Glukose sowie Laktose, Maltose, Sorbit, Mannose und Fruktose. Die Undurchlässigkeit nahm also zu mit der Vergrößerung des Molekularvolumens. Direkt verwerten konnte ich die Ergebnisse von Abderhalden und Schmid (50). Sie bestimmten die Blutmenge bei Hunden mit Hilfe der polarimetrischen Methode. Sie gingen dabei von dem Gedanken aus, daß man aus dem Drehungswinkel einer Mischung auf den Grad der Verdünnung schließen kann, wenn die ursprüngliche Drehung des optisch aktiven Körpers und des Verdünnungsmittels bekannt ist. Sie bestimmten demzufolge das Drehungsvermögen des

Plasmas, injizierten dann die Lösung einer stark rehenden Substanz in die Blutbahn, deren Drehungsvermögen genau bestimmt worden war, und stellten, nachdem vollständige Mischung eingetreten war, wiederum das Drehungsvermögen des Plasmas fest. Auf diesem Wege ließ sich direkt die Gesamtplasmamenge bestimmen. Die Gesamtblutmenge ergab sich ohne weiteres durch Feststellung des Verhältnisses von Plasma und Blutkörperchen mittels des Hämatokriten. Erforderlich für solche Untersuchungen war ein optisch aktiver Körper, der ein möglichst hohes Drehungsvermögen hatte und leicht löslich war. Außerdem durfte die Substanz in keiner Weise toxisch wirken und mußte in möglichst hoher Konzentration injiziert werden können, ohne die Isotonie des Blutes zu stören. Am geeignetsten erschien ihnen das Dextrin. Das von ihnen verwendete Präparat war anscheinend im Gegensatz zu dem von mir benutzten vollständig zuckerfrei, denn sie konnten 25 % Dextrin in physiologischer Kochsalzlösung lösen, ohne den osmotischen Druck nennenswert zu ändern. Sie prüften dabei auch, ob das Dextrin von den Formelementen des Blutes aufgenommen wird, indem sie einmal zu steigenden Mengen Dextrinlösung physiol. Kochsalzlösung und Blutkörperchenbrei gaben und zum Vergleich die gleichen Mengen Dextrinlösung nur mit physiol. Kochsalzlösung verdünnten. Dabei ergab sich, daß die Drehungswerte der beiden Versuchsreihen einander entsprachen. Es konnte also kein Dextrin durch die Blutkörperchen aufgenommen worden sein. Bei ihren Versuchen machten sie weiterhin die Feststellung, daß das Dextrin im Organismus rasch verändert wird. Sie konnten durch Verfolgen des Drehungsvermögens des Plasmas durch längere Zeit hindurch feststellen, wie das Dextrin das Plasma allmählich verließ, sei es, daß es weiter abgebaut wurde, sei es, daß eine Abgabe an Zellen oder eine Ausscheidung durch die Nieren erfolgte. Das Verschwinden des Dextrins aus der Blutbahn ging so schnell, daß die Blutentnahme innerhalb einer Minute nach der Injektion erfolgen mußte, wollten sie brauchbare Werte erhalten. 45 und 60 Sekunden nach erfolgter Injektion war noch keine Aenderung im Drehungsvermögen des Plasmas wahrnehmbar. Nach 2¼ Minuten war jedoch bereits ein beträchtlicher Teil des Dextrins verschwunden. Nach 14 Min. war nur noch ein Bruchteil des injizierten Dextrins im Plasma vorhanden. Es war nun für meine Versuche wichtig, ob diese von den Autoren in vivo gefundene Erscheinung auch in vitro zu beobachten war. Deshalb wurde folgender Versuch angesetzt:

a) 50 ccm Blut eines 5j. mittelgut genährten Simmentaler Ochsen
+ 50 ccm 4 % Dextrin in 0,8 % NaCl-Lösung.

b) 50 ccm Blut desselben Tieres
+ 50 ccm 10,44 % Rohrzuckerlösung.

Nach dem Zusatz wird gut umgeschüttelt, damit eine restlose Vermengung der Mischungskomponenten stattfindet. Darnach wird ein Teil der

Mischung sofort zentrifugiert, die Dextrin-Plasma- bzw. Rohrzucker-Plasmamischung abpipettiert und mit dem 0,25 dm-Rohr im Polarimeter untersucht. In gewissen Zeitabständen wird erneut ein Teil der Mischung untersucht.

Herstellung der Mischung am 20. 11 10 h:

I. Untersuchung der Mischung: a b um 11.15 h
Drehungswinkel: + 0,607 ° + 0,764 °

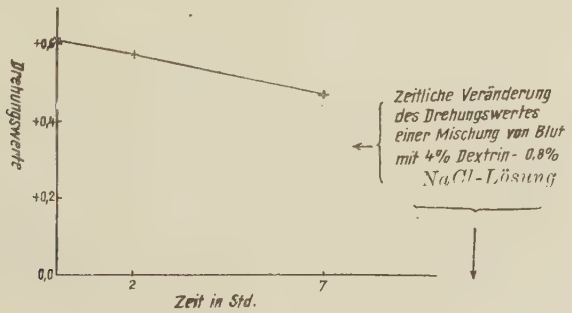
II. Untersuchung: a b um 12.30 h
Drehungswinkel: + 0,572 ° + 0,761 °

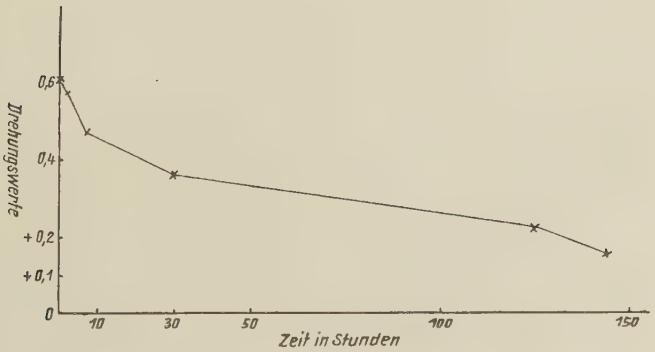
III. Untersuchung: a b um 19.00 h
Drehungswinkel: + 0,486 ° + 0,760 °
In Mischung b leichte Hämolyse. Beobachtung im Polarimeter zwar noch möglich, aber sehr erschwert.

IV. Untersuchung: a b am 21. 11. 16 h
Drehungswinkel: + 0,358 ° —
In Mischung b Ablesung im Polarimeter nicht mehr möglich.

V. Untersuchung: a am 25. 11. 11 h
Drehungswinkel: + 0,226 °; Röhrchen gefüllt belassen, 26. 11. 11 h
Drehungswinkel: + 0,222 °;

VI. Untersuchung: a am 26. 11. 11.30 h
Drehungswinkel: + 0,152 °;
(siehe graph. Darstellung.)





Zur Kontrolle dieser Versuchsdaten wurden noch verschiedene Bestimmungen vorgenommen:

Drehungswinkel des Plasmas am 20. 11. 11.20 h: — 1,105 °
Drehungswinkel des Plasmas am 21. 11. 16.05 h — 1,106 °
Drehungswinkel der Dextrinlösung am 20. 11. 11.25 h: + 1,538 °
Drehungswinkel der Dextrinlösung am 21. 11. 16.10 h: + 1,534 °

Hämatokritbestimmung des verwendeten Blutes am 20. 11. 11.35 h:

R_1: 45,5 R_2: 45,8

Mittelwert: 45,65.

Hämatokritbestimmung der Mischung a am 25. 11. 16.30 h:

R_1: 22,5 R_2: 23,0

Mittelwert: 22,75 oder auf unverdünntes Blut zurück berechnet: 45,5.

Diese Versuchsergebnisse beweisen folgendes:

1. Die benutzte Dextrinlösung ist isotonisch. Dies läßt sich aus dem Hämatokritwert der Mischung schließen.

2. Die von Abderhalden und Schmid gefundene Erscheinung, daß im lebenden Organismus das Dextrin bald wieder aus der Blutbahn verschwindet, konnte auch in vitro bestätigt werden. Vielleicht wird das Dextrin irgendwie fermentativ aufgespalten. Nach Oppenheimer (51) kommt im Blut eine Amylase vor, und zwar auch beim Rind, wenn auch nur gegenüber anderen Tierarten in sehr geringer Menge. Die Frage nach einer im Blut vorkomenden Saccharase wird von obigem Autor offengelassen. Wenn sie vorkomme, so sei sie wahrscheinlich in den Leukocyten vorhanden. Man müßte aber bei der beobachteten Hämolyse auch an eine derartige Einwirkung denken. Von Verunreinigungen irgendwelcher Art konnte die Hämolyse nicht verursacht sein, denn es wurde bei sehr vielen anderen Versuchen mit demselben Rohrzucker gearbeitet. Zudem würde dagegen sprechen, daß die Hämolyse erst einige Stunden nach stattgehabter Vermischung festgestellt wurde. Andererseits konnte aber beobachtet werden, daß die Zersetzungsvorgänge irgendwie an die Anwesenheit von Blutkörperchen gebunden sein müssen, denn die unvermischte Dextrinlösung hatte auch nach 30 Stunden noch denselben Drehungswert, und wenn ich, wie bei der V. Untersuchung geschehen, das mit der Dextrin-Plasmamischung gefüllte Polarimeterrohr 24 Stunden stehen ließ und dann den Drehungswert erneut bestimmte, so war dieser konstant geblieben oder nur innerhalb der Ablesungsfehler gesunken. Es war aber nicht meine Aufgabe, diese Frage näher zu untersuchen; doch schien sie mir wichtig genug, um hier erwähnt zu werden.

3. Bei meinen eigentlichen Versuchen mußte ich also auf Grund obiger Befunde bestrebt sein, das Blut sofort nach der Vermischung zu zentrifugieren und dann umgehend die im Zentrifugierröhrchen

obenstehende Plasma-Dextrinmischung abzupipettieren. Wie die mit Hilfe der oben angegebenen Formel aus den Drehungswerten des Plasmas = — 1,105°, der Dextrinlösung = + 1,538° und der Mischung a = + 0,607° bzw. der Rohrzuckerlösung = + 1,765° und der Mischung b = + 0,764° errechneten Blutkörperchenvolumenpromittelwert = 45,65 beweisen, konnte ich damit rechnen, die richtigen zentwerte x_a = 45,62 und x_b = 46,44, verglichen mit dem Hämatokrit-Werte zu bekommen.

3. Verwendete gerinnungshemmende Mittel.

Das von mir benutzte Heparin ist nach Oppenheimer (52) ein Antiprothrombin, das bereits in sehr kleinen Mengen gerinnungsverhindernd wirkt, indem es die Aktivierung des Prothrombins unmöglich macht. Da es bei meinen Versuchen in winzig kleinen Mengen zur Verwendung kam — ich benutzte paraffinierte Gefäße zum Auffangen des Blutes, die ich für 100 ccm Blut mit 0,01 bis 0,015 g Heparin beschickte —, war nicht zu erwarten, daß der osmotische Druck des Blutes irgendwie beeinflußt werden würde. Das Heparin ist ein hochmolekularer Eiweißkörper, dessen osmotischer Druck in den angewendeten Konzentrationen gleich Null zu setzen ist. Die Beeinflussung der optischen Drehung des Plasmas wurde durch Versuch geprüft:

10 ccm Aqua dest.
Drehungswert: + 0,008°
10 ccm Aqua dest. + 0,003 g Heparin
Drehungswert: + 0,007°

Obwohl also die Heparinlösung doppelt so stark war wie bei der Lösung im aufgefangenen Blut, konnte keine Beeinflussung der optischen Aktivität des Aq. dest. festgestellt werden.

Vergleichsweise wurden bei den verschiedenen Blutproben auch andere gerinnungshemmende Mittel in Anwendung gebracht, wie 0,1 % Natriumoxalat in Substanz und eine in letzter Zeit von Heller und Paul (53) vorgeschlagene Mischung von 40 % Kalium- und 60 % Ammoniumoxalat. Sie hatten Natrium-, Kalium- und Ammoniumoxalat sowie Kalium-, Lithium- und Ammoniumzitrat in Bezug auf ihre Wirkung auf das EV. untersucht und dabei folgende Ergebnisse erzielt: Steigende Konzentrationen (0,1—0,4 % bzw. 0,2—0,8 %) der Natrium-, Kalium- und Lithiumsalze ergaben ein Geringerwerden des Zellvolumens der roten Blutkörperchen, während die Ammoniumsalze bei steigender Konzentration ein Ansteigen des Zellvolumens verursachten. Sie verbanden nun die entquellende bzw. quellende Wirkung der Salze und stellten obige Mischung her. Von A. De Niederhäuser und Alberto Gambigliani—Zoccoli (54) wurde nun vorgeschlagen, aus dieser Mischung eine 2%ige Lösung herzustellen und diese im Verhältnis 12 : 88 zum Blut zuzugeben.

Weiterhin wurde eine von Kaufmann (22) interferometrisch als isotonisch bestimmte 3,6 % Zitratlösung verwendet.

Gelegentlich einiger Vorversuche konnte folgende interessante Beobachtung gemacht werden, die ich in diesem Zusammenhang erwähnen möchte. Es wurde von demselben Tier, einer 5j. gutgenährten Kuh, einmal Blut in 0,2 % Natriumzitrat, das andere Mal in 0,3 % Natriumzitrat, jeweils in Substanz, aufgefangen. Von jeder Blutprobe wurde je eine Mischung zu gleichen Teilen mit Dextrinlösung hergestellt und zentrifugiert. Dabei trat in jedem Zentrifugierröhrchen Gerinnung ein. Daraufhin wurde das Blut 36 Stunden stehen gelassen und erneut Mischungen hergestellt, wobei in keinem Gefäß Gerinnung festzustellen war. Zur weiteren Klärung dieses Ergebnisses wurde das Blut eines 8mon. Schweines einmal in 0,25 % Natriumzitrat, das andere Mal in 0.05 % Natriumoxalat, jeweils in Substanz, aufgefangen. Von jeder Blutprobe wurde nun je eine Mischung mit Dextrin- und mit Rohrzuckerlösung hergestellt und 3 Std. stehen gelassen. Danach war nur in dem Gefäß, in dem Dextrinlösung zum Zitratblut gegeben war, Gerinnung eingetreten. Es mußte also eine spezifische Wirkung des Dextrins auf frisches Zitratblut angenommen werden. Auf einen evtl. Salzgehalt des Dextrins, der die Wirkung des zugesetzten Zitrats aufgehoben hätte, konnte nicht geschlossen werden. Es hätte sonst der osmotische Druck einer Dextrinlösung ein höherer sein müssen. Daß die Wirkung des Dextrins nach 36 Std. nicht mehr zu finden war, konnte mit der langsameren Reaktionsfähigkeit des Zitrats erklärt werden. In der Literatur fand sich nun eine Veröffentlichung von Sluiter (55) vor, der dieselbe Erscheinung bei Zitratblut und Fruktosezusatz beobachtet hatte. Durch eine Ca-Bestimmung der Fruktose schloß er die Möglichkeit aus, daß die Auslösung der Gerinnung etwa durch einen ev. Ca-Gehalt der käuflichen Fruktose verursacht sein könnte. Zusatz größerer Mengen einer Fruktoselösung oder Verwendung höherer Konzentrationen löste eine Abkürzung der Gerinnungszeit aus. In etwaigen durch Eintragen des Blutes in Mg SO_4 oder Oxalat oder durch Defibrinieren ungerinnbar gemachter Blutmengen verhielt die Fruktose sich negativ. Dagegen trat wieder Gerinnung ein bei Zusatz von 1 ccm 20 % Fruktose zu 2 ccm eines Blutes, bei dem die Gerinnung durch Lösen von 100 g Metaphosphat in demselben verhindert worden war. Zum Vergleich herangezogene andere Zucker wie Glukose, Laktose, Maltose und Saccharose reagierten sowohl bei Zitrat- wie bei Metaphosphatblut negativ. Zitrat und Metaphosphat sind nun die einzigen das Blutkalzium nicht fällenden Salze. Die betreffende Verbindung ist bisher nicht sichergestellt. Verfasser stellte nun einschlägige Versuche an und glaubte auf Grund dieser sagen zu können, daß durch den Fruktosezusatz das Kalzium aus der Ca-Zitratverbindung gelöst und das schwer lösliche Kalziumfruktosat gebildet wird. Durch die hochgradige Verdünnung der Lösung geraten

freie Ca-Ionen in die Lösung, und es kann eine Erstarrung vor sich gehen. Die Fruktoseerstarrungswirkung ist an die Ketogruppe gebunden, daher lösen andere Zucker die Reaktion nicht aus. An eine ähnliche Erscheinung wäre auch bei den von mir gemachten Beobachtungen zu denken.

B. Versuchsprotokolle.

Das untersuchte Blut stammt von Rindern, die am Schlachthof München zur Schlachtung kamen. Es wurde aus der Schlachtwunde aufgefangen und ist größtenteils venöses Blut. Da nach Köppe (41) das Blutkörperchenvolumen je nach der Tageszeit und nach stattgehabter Nahrungsaufnahme schwankt, wurde, um für alle Untersuchungen gleiche Bedingungen zu schaffen, jeweils morgens 9 h aufgefangen. Die Tiere kamen mit nüchternem Magen zur Schlachtung. Es wurde von jedem Tier Alter, Geschlecht und Nährzustand bzw. Schlachtklasse notiert und auch der Befund der Fleischbeschau festgehalten. Um auch den Einfluß verschiedener Rassenzugehörigkeit auszuschalten, wurde einheitlich das Blut von Tieren der Simmentaler Rasse untersucht. In den meisten Fällen wurde nur die Bestimmung des EV mit Hilfe des Hämatokrit vorgenommen.

Die angegebenen großen Buchstaben bedeuten die Zugehörigkeit zur Schlachtklasse:

AA = sehr gut — Extraklasse
A = gut bis sehr gut
B = mittelgut bis gut
C = mager bis mittelgut
D = sehr mager bis mager

1. Blut einer 5jährigen mittelgut genährten Kuh (B).

Fleischbeschau o. B.; aufgefangen in 10 Teilen 3,6 % Zitratlösung. Tourenzahl 5000. Die erste angegebene Zahl bedeutet jeweils das Erythrocytenvolumen, während die zweite den Oberflächenspiegel der Leukocyten angibt. Diese sondern sich als eine grau-rötliche Schicht über den Erythrozyten ab.

Zentrifugierzeit: 25 Minuten

R_1	36,4; 37,0	R_2	36,6; 37,2
R_3	36,8; 37,2	R_4	37,0; 37,6

Zeit: 35 Minuten

R_1	35,8; 36,4	R_2	36,2; 36,7
R_3	35,4; 35,8	R_4	36,6; 37,1

Nach dieser Zeit ist der Zustand der Lackfarbigkeit der roten Blutkörperchen erreicht. Dies wurde so geprüft, daß die Röhrchen gedreht wurden, bis die Blutkörperchensäule sich zwischen Auge und Graduierung befand. Konnte dann die Graduierung durch die Blutkörperchen hindurch abgelesen werden, so war der Zustand der Lackfarbigkeit erreicht. Zur weiteren Kontrolle wurde bei allen Hämatokritablesungen vor den unteren ampullenartig aufgeblasenen Teil der Röhrchen zwischen Lichtquelle und Röhrchen eine gebogene Pinzette gehalten. Dabei stellte sich hier, wie überhaupt bei jedem untersuchten Blut, heraus, daß innerhalb der Blutkörperchenschicht

die Biegung der Pinzette um 180° verdreht zu sehen war. Die Blutkörperchen scheinen also linsenartig zu wirken.

Zeit: 45 Minuten.

R_1	35,8; 36,4	R_2	36,2; 36,7
R_3	35,3; 35,8	R_4	36,6; 37,1

Es war also nur in R_3 eine weitere Abnahme der Höhe der Blutkörperchensäule noch zu bemerken.

Um eine eventuelle Wiederausdehnung der Erythrocyten festzustellen, die nach dieser starken Kompression denkbar wäre, werden die Röhrchen über Nacht gefüllt stehen gelassen.

Nach 14 Stunden:

R_1	35,8; 36,4	R_2	36,2; 36,8
R_3	35,4; 35,8	R_4	36,6; 37,2

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	36,0
Leukocytenvolumen:	0,5

Auf unverdünntes Blut umgerechnet:

Erythrocytenvolumen:	39,6
Leukocytenvolumen:	0,55

Mikroskopisches Blutbild: Normale E.

2. 6jährige magere Kuh (C):

Fleischbeschau: o. B. 3,6 % Zitratlösung.

Zeit: 20 Minuten. Tourenzahl: 5000.

R_1	27,6; 28,0	R_2	27,2; 27,6
R_3	27,2; 27,6	R_4	28,2; 28,6

Zeit: 40 Minuten.

R_1	27,2; 27,6	R_2	27,0; 27,4
R_3	26,9; 27,4	R_4	27,8; 28,2

Zeit: 50 Minuten.

R_1	27,0; 27,4	R_2	26,8; 27,2
R_3	26,5 26,9	R_4	27,2; 27,6

Lackfarbigkeit.

Um zu studieren, wie sich der Einfluß einer größeren Zentrifugiergeschwindigkeit auswirkt, wird die Tourenzahl auf 8000 Touren erhöht und noch viermal 10 Minuten zentrifugiert:

Zeit: 70 Minuten.

R_1	26,8; 27,2	R_2	26,8; 27,2
R_3	26,4; 26,8	R_4	26,8; 27,2

Zeit: 90 Minuten.

R_1	26,8; 27,2	R_2	26,8; 27,2
R_3	26,4; 26,8	R_4	26,8; 27,2

Es sinkt also bei der Erhöhung der Zentrifugiergeschwindigkeit der EV-Wert noch um ein geringes, um dann aber konstant zu bleiben. Es ist deshalb zweckmäßiger, von vornherein bei 8000 Touren zu untersuchen. Andererseits beweist aber dieser Versuch, daß trotz erreichter Lackfarbigkeit

das EV noch kleiner wird. Wahrscheinlich rührt dies davon her, daß innerhalb der Blutkörperchensäule sich die größeren und kleineren E. verschieben und daß sich die Jugendformen oben einstellen. Bei der Prüfung der Lackfarbigkeit hat es nämlich den Anschein, als ob die Blutkörperchensäule eine Schichtung zeigte. Da der Unterschied innerhalb der EV-Werte aber nur 0,2 % ausmacht, wie ein Vergleich der Mittelwerte nach 50 und 70 Minuten zeigt, und um meine Werte mit denen anderer Autoren vergleichen zu können, wird bei sämtlichen weiteren Untersuchungen bei 8000 Touren bis zur eintretenden Lackfarbigkeit zentrifugiert.

Mittelwert 50 Minuten:

Erythrocytenvolumen:	26,9
Leukocytenvolumen:	0,4

Mittelwert 70 Minuten:

Erythrocytenvolumen:	26,7
Leukocytenvolumen:	0,4

Umgerechnet auf verdünntes Blut:

Erythrocytenvolumen:	29,59 bzw. 29,37
Leukocytenvolumen:	0,44 bzw. 0,44

Mikroskop. Blutbild: Normale E.

Nach 15 Stunden Stehen:

R_1	26,8; 27,2	R_2	26,8; 27,2
R_3	26,4; 26,8	R_4	26,8; 27,2

Also auch nach dieser noch weit stärkeren Kompression der Blutkörperchensäule war keine Wiederzunahme des EV zu bemerken.

3. 15 Monate alter, mittelgut genährter Jungstier (B).

Fleischbeschau o. B. 3,6 % Zitratblut.

Zeit: 25 Minuten. 8000 Touren.

R_1	34,2; 34,9	R_2	34,6; 35,1
R_3	34,2; 34,7	R_4	34,6; 35,1

Der Zustand der Lackfarbigkeit ist eingetreten.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	34,4
Leukocytenvolumen:	0,55

Zeit: 35 Minuten.

R_1	34,2; 34,7	R_2	34,6; 35,1
R_3	34,2; 34,7	R_4	34,4; 34,9

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	34,35
Leukocytenvolumen:	0,50

Umgerechnet auf unverdünntes Blut:

Erythrocytenvolumen:	37,79
Leukocytenvolumen:	0,55

Auch in diesem Versuch bestätigt sich die im vorigen gemachte Erfahrung, daß der EV-Wert trotz erreichter Lackfarbigkeit noch, allerdings nur um praktisch zu vernachlässigende Differenzen, sinkt.

Um zu prüfen, ob der Zitratzusatz bei längerer Einwirkungszeit einen Einfluß auf das EV hat, wird von dem 7 Std. alten Blut erneut eine Probe untersucht.

Zeit: 25 Minuten, 8000 Touren.

R_1	34,4; 35,0	R_2	34,8; 35,3
R_3	33,8; 34,3	R_4	34,8; 35,4

Lackfarbigkeit.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	34,45
Leukocytenvolumen:	0,55

Der Befund der mikroskopischen Untersuchung wird durch dieses Ergebnis bestätigt. Durch den Zusatz einer 3,6 % Zitratlösung wird das EV nicht verändert.

4. 7jähr., sehr gut genährter Ochse (AA).

Fleischbeschaubefund: Verkäste Lungenlymphknoten, Distomatose der Leber.

a) Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten. 8000 Touren.

R_2	42,8; 43,2	R_4	43,0; 43,4

Zeit: 35 Minuten:

R_2	42,6; 43,0	R_4	42,8; 43,2

Lackfarbigkeit.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	42,7
Leukocytenvolumen:	0,4

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

b) 0,1 % Natriumoxalat in Substanz.

Zeit: 25 Minuten:

R_2	43,0; 43,5	R_4	43,4; 43,9

Zeit: 35 Minuten:

R_2	42,6; 43,0	R_4	43,0; 43,5

Zeit: 45 Minuten:

R_2	42,4; 42,8	R_4	43,0 43,5

Lackfarbigkeit.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	42,7
Leukocytenvolumen:	0,45

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

5. 10jähr., schlecht genährte Kuh (C).

Fleischbeschaubefund: offene Lungentuberkulose.

a) Heparin: 0,01 %

Zeit: 25 Minuten:

R_2	27,8; 28,2	R_4	28,2; 28,5

Zeit: 35 Minuten

R_2	27,4; 27,7	R_4	28,2; 28,4

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Bild: Normale rote Blutkörperchen.
Mittelwert:
Erythrocytenvolumen: 27,8
Leukocytenvolumen: 0,25

b) 0,1 % Natriumoxalat in Substanz.
Zeit: 25 Minuten
R_2 27,6; 27,8 R_4 28,0; 28,2
Zeit: 35 Minuten.
R_2 27,4; 27,6 R_4 28,0; 28,2
Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Ganz vereinzelt Schrumpfformen.
Nach 16 Stunden:
R_2 27,4; 27,6 R_4 28,0; 28,2
Mittelwert:
Erythrocytenvolumen: 27,7
Leukocytenvolumen: 0,20

6. 11jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschaubefund: Ein Tbc.-Knoten in der Lunge, sonst o. B.

a) Heparin: 0,01 %
Zeit: 25 Minuten
R_2 36,6; 37,2 R_4 36,8; 37,3
Zeit: 35 Minuten
R_2 36,5; 37,1 R_4 36,7; 37,2
Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.
Mittelwert:
Erythrocytenvolumen: 36,6
Leukocytenvolumen: 0,55

b) 0,1 % Natriumoxalat in Substanz.
Zeit: 25 Minuten
R_2 35,4; 36,0 R_4 35,7; 36,2
Zeit: 35 Minuten
R_2 35,2; 35,8 R_4 35,7; 36,2
Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Ziemlich viele Schrumpfformen.
Mittelwert:
Erythrocytenvolumen: 35,45
Leukocytenvolumen: 0,55

7. 15 Monate alte, gut genährte Kalbin (A.).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %
Zeit: 25 Minuten
R_2 37,2; 37,5 R_4 37,0; 37,4

Zeit: 35 Minuten

R_2 37,0; 37,3 R_4 36,9; 37,3

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 36,95
Leukocytenvolumen: 0,35

b) 0,08 % Natriumoxalat in Substanz.

Zeit: 25 Minuten

R_2 36,9; 37,2 R_4 37,1; 37,4

Zeit: 35 Minuten

R_2 36,9; 37,2 R_4 37,0; 37,3

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 36,95
Leukocytenvolumen: 0,3

8. 7jähr. magere Kuh (C).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %

Zeit: 25 Minuten

R_2 42,0; 42,4 R_4 41,8; 42,3

Zeit: 35 Minuten

R_2 41,9; — R_4 41,8; —

Lackfarbigkeit.

Die Leukocytenschicht ist in beiden Röhrchen anscheinend an der Wandung festgeklebt und von den roten Blutkörperchen abgerissen.

Mikroskopisches Blutbild: Normale Erythrocyten.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 41,85
Leukocytenvolumen: 0,45

9. 6jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %

Zeit: 25 Minuten

R_2 42,6; 43,0 R_4 42,8; 43,4

Zeit: 35 Minuten

R_2 42,5; 42,9 R_4 42,6; 43,2

Lackfarbigkeit.

Nach 16 Stunden:

R_2 42,5; 42,9 R_4 42,6; 43,2

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 42,55
Leukocytenvolumen: 0,5

10. 6jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %

Zeit: 25 Minuten

R_2 42,0; 42,2 R_4 41,4; 41,6

Zeit: 35 Minuten

R_2 41,9; 42,1 R_4 41,4; 41,6

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	41,65
Leukocytenvolumen:	0,2

b) 0,08 % Natriumoxalat in Substanz.

Zeit: 25 Minuten

R_2 41,6; 41,8 R_4 42,2; 42,4

Zeit: 35 Minuten

R_2 41,4; 41,6 R_4 42,0; 42,2

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	41,7
Leukocytenvolumen:	0,2

11. 10jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschau: Ein tuberkulöser Knoten in der Lunge; leichte Distomatose.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 40,1; 40,9 R_4 40,4; 41,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,9; 40,6 R_4 40,2; 40,9

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	40,05
Leukocytenvolumen:	0,7

12. 2jährige, magere Kalbin (C).

Fleischbeschaubefund: 4 Mon. trächtig, starker Leberegelbefall.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 33,4; 33,7 R_4 33,8; 34,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 33,2; 33,5 R_4 33,7; 34,0

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	33,45
Leukocytenvolumen:	0,3

13. 7jährige magere Kuh (C).

Fleischbeschaubefund: Leichte Distomatose.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 40,2; 40,8 R_4 39,6; 40,3

Zeit: 35 Minuten.

R_2 40,0; 40,5 R_4 39,3; 40,0

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	39,65
Leukocytenvolumen:	0,6

14. 1¾jähr., gut genährter Stier (A).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 44,0; 44,5 R_4 43,7; 44,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 43,8; — R_4 43,2; —

Zeit: 45 Minuten.

R_2 43,5; — R_4 43,0; —

Lackfarbigkeit.

Nach 25 Minuten war die Leukocytenschicht an der Wand festgeklebt und von der Erythrocytensäule abgerissen.

Nach 16 Stunden:

R_2 43,5; — R_4 43,0; —

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	43,25
Leukocytenvolumen:	0,45

15. 10jähr., mittelgut genährte Kuh (B)

mit Pyometra, sonst o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 40,2; 40,9 R_4 39,7; 40,5

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,9; 40,6 R_4 39,6; 40,4

Zeit: 45 Minuten.

R_2 39,8; 40,5 R_4 39,6; 40,4

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythroctyenvolumen:	39,7
Leukocytenvolumen:	0,75

16. 1½jähr., magerer Stier (C).

Fleischbeschaubefund: mittelstark ausgeprägte Distomatose der Leber.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 33,2; 33,6 R_4 33,0; 33,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2 32,6; 33,0 R_4 32,6; 33,0

Zeit: 45 Minuten.

R_2 32,6; 33,0 R_4 32,6; 33,0

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen	32,6
Leukocytenvolumen:	0,4

17. 10jähr., mittelgut genährte Kuh (B.)

Fleischbeschau: o. B.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 41,2; 41,6 R_4 41,6; 42,0

Zeit: 35 Minuten.

R_2 41,0; 41,4 R_4 41,5; 41,9

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	41,25
Leukocytenvolumen:	0,4

18. 2jähriger, magerer Stier (C).

Fleischbeschaubefund: Starke Distomatose.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 32,4; 33,0 R_4 32,0; 32,7

Zeit: 35 Minuten.

R_2 32,3; 32,9 R_4 32,0; 32,7

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	32,15
Leukocytenvolumen:	0,65

19. 8jähr., gut genährter Ochse (A).

Fleischbeschau: o. B.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 43,5; 44,0 R_4 43,6; 44,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 43,4; 43,9 R_4 43,6; 44,1

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 43,5
Leukocytenvolumen: 0,5

20. 3jähr., gut genährter Ochse (A).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 39,6; 40,2 R_4 39,8; 40,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,6; 40,2 R_4 39,7; 40,3

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 39,65
Leukocytenvolumen: 0,6

21. 6jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschaubefund: Tbc.-Knoten in Lunge und Leber; Pleura- und Serosentbc.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 36,2; 37,1 R_4 36,6; 37,7

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 36,4
Leukocytenvolumen: 1,0

22. 6jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 40,6; 41,0 R_4 40,2; 40,5

Zeit: 35 Minuten.

R_2 40,5; 40,9 R_4 40,2; 40,5

Lackfarbigkeit.

Nach 16 Stunden:

R_2 40,5; 40,9 R_4 40,2; 40,5

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 40,35
Leukocytenvolumen: 0,35

23. 6jähr., mittelgut genährter Ochse (B).

Fleischbeschaubefund: Mittelstark ausgeprägte Distomatose.
Natriumoxalat: 0,1 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 34,8; 35,0 R_4 34,3; 34,5

Zeit: 35 Minuten.

R_2 34,5; 34,7 R_4 34,0; 34,2

Zeit: 45 Minuten.

R_2 34,3; 34,5 R_4 33,9; 34,1

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Teilweise Schrumpfformen der Erythrocyten.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	34,1
Leukocytenvolumen:	0,2

24. 2jähr., mittelgut genährte Kalbin (B).

Fleischbeschaubefund: Verkäste Lungenlymphknoten, sonst o. B.
Natriumoxalat: 0,1 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 34,1; 34,7 R_4 33,6; 34,3

Zeit: 35 Minuten.

R_2 33,4; 34,0 R_4 33,2; 33,9

Zeit: 45 Minuten.

R_2 33,3; 33,9 R_4 33,2; 33,9

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Teilweise Schrumpfformen der roten Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	33,25
Leukocytenvolumen:	0,65

25. 8jähr., magere Kuh (C).

Fleischbeschaubefund: Faustgroße Tbc-Knoten in der Lunge, sonst o. B.
Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 29,0; 29,4 R_4 29,6; 30,0

Zeit: 35 Minuten.

R_2 28,9; 29,3 R_4 29,5; 29,9

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Ganz vereinzelt Schrumpfformen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	29,2
Leukocytenvolumen:	0,4

26. 10jähr., schlecht genährte Kuh (C).

Fleischbeschaubefund: Große Abszesse in Leber und Bauchhöhle.
Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 22,0; 22,5 R_4 22,4; 22,9

Zeit: 35 Minuten.

R_2 21,9; 22,4 R_4 22,4; 22,9

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 22,15
Leukocytenvolumen: 0,5

Um zu sehen, wie sich ein größeres Lumen des Zentrifugierröhrchens auf den EV-Wert auswirkt, wurde eine Blutprobe des obigen Blutes in graduierten U-Röhrchen, wie sie von Morhart (56) bei seinen Untersuchungen über die Senkungsgeschwindigkeit des Rinderblutes verwendet wurden, bei 3000 U/min. zentrifugiert.

Zeit: 25 Minuten.

R_3 12,0; 12,4 R_6 12,2; 12,4

Zeit: 45 Minuten.

R_3 11,5; 11,8 R_6 11,1; 12,1

Zeit: 65 Minuten.

R_3 11,0; 12,0 R_6 11,0; 12,0

Lackfarbigkeit war in keinem der beiden Röhrchen eingetreten. Die angegebenen Zahlen bedeuten die Höhe der Blutkörperchensäule in den beiden Schenkeln des Gefäßes.

Mittelwert: 23,0.

27. 5jähr., magere Kuh (C).

Fleischbeschaubefund: Leichte Pyometra; starke Distomatose.

Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 27,3; 27,9 R_4 27,1; 27,8

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 27,2
Leukocytenvolumen: 0,65

U-Röhrchen:

Zeit: 25 Minuten.

R_3 15,6; 16,1 R_6 16,2; 15,7

Zeit: 45 Minuten.

R_3 15,3; 15,8 R_6 16,0; 15,5

Zeit: 65 Minuten.

R_3 15,3; 15,6 R_6 15,5; 15,8

Noch keine Lackfarbigkeit.

Mittelwert: EV: 31,1.

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{10 \text{ ccm } 5\ \% \text{ Dextrin} + 0{,}78\ \% \text{ NaCl-Lösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{10 \text{ ccm } 5\ \% \text{ Dextrin} + 0{,}78\ \% \text{ NaCl-Lösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

Drehungswinkel der Dextrinlösung α = + 1,947°
Drehungswinkel des Plasmas β = — 1,092°
Drehungswinkel der Mischung I γ_1 = + 0,661°
Drehungswinkel der Mischung II γ_2 = + 0,666°
x_1 = 26,63
x_2 = 27,19
Mittelwert: 26,91.
Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 27,05.

28. 6jähr., mittelgut genährter Ochse (B).

Fleischbeschaubefund: Lungen- und Leberlymphknoten verkäst.
Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2	41,6; 42,0	R_4	41,2; 41,7

Zeit: 35 Minuten.

R_2	41,4; 41,8	R_4	41,1; 41,5

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	41,25
Leukocytenvolumen:	0,4

29. 1¾jähr., gut genährter Stier (A).

Fleischbeschau: o. B.
Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2	40,4; 40,7	R_4	40,1; 40,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2	40,3; 40,6	R_4	40,1; 40,4

Lackfarbigkeit.
Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	40,2
Leukocytenvolumen:	0,3

U-Röhrchen:

Zeit: 25 Minuten.

R_3	22,0; 21,9	R_6	22,1; 22,4

Zeit: 45 Minuten.

R_3	21,8; 21,6	R_6	22,0; 22,0

Zeit: 65 Minuten.

R_3	21,5; 21,6	R_6	21,8; 21,9

Noch keine Lackfarbigkeit.
Mittelwert: 43,40

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{\text{10 ccm 5 \% Dextrin + 0,78 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 5 \% Dextrin + 0,78 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 5 \% Dextrin + 0,78 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha = + 1{,}947^0$; $\beta = - 0{,}973^0$; $\gamma_1 = + 0{,}833^0$; $\gamma_2 = + 0{,}824^0$; $\gamma_3 = + 0{,}829^0$.

$x_1 = 39{,}71$; $x_2 = 38{,}90$; $x_3 = 39{,}35$.

Mittelwert: 39,32.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 39,76.

30. 3½jähr., sehr gut genährte Kuh (AA).

Fleischbeschau: o. B.

Natriumoxalat: 0,08 % in Substanz.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 40,8; 41,3 R_4 40,5; 41,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 40,6; 41,1 R_4 40,4; 41,0

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 40,5

Leukocytenvolumen 0,55

U-Röhrchen:

Zeit: 25 Minuten

R_3 23,0; 23,5 R_6 23,0; 23,5

Zeit: 45 Minuten.

R_3 22,6; 23,0 R_6 22,3; 22,9

Zeit: 65 Minuten.

R_3 22,3; 23,1 R_6 22,2; 22,8

Noch keine Lackfarbigkeit.

Mittelwert: EV: 45,2.

Polarimeter:

Mischung I = $\frac{\text{10 ccm 5 \% Dextrin + 0,78 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D5} = + 1{,}946^0$; $\alpha_{D4} = + 1{,}541^0$; $\beta = - 0{,}910^0$; $\gamma_1 = + 0{,}868^0$; $\gamma_2 = + 0{,}613^0$; $\gamma_3 = + 0{,}619^0$.

$x_1 = 39{,}37$; $x_2 = 39{,}01$; $x_3 = 39{,}70$.

Mittelwert: 39,36.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 39,93.

31. 6jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschaubefund: In Lunge und Leber Tbc-Knoten; Serosentbc.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 44,6; 44,8 R_4 44,2; 44,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2 44,3; 44,5 R_4 44,1; 44,3

Zeit: 45 Minuten.

R_2 44,2; 44,4 R_4 44,1; 44,3

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	44,15
Leukocytenvolumen:	0,2

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{\text{10 ccm 4,5 \% Dextrin + 0,79 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{\text{10 ccm 4,5 \% Dextrin + 0,79 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{\text{10 ccm 5,54 \% Traubenzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$\alpha_{D4,5} = + 1{,}885^0$; $\alpha_T = + 0{,}729^0$; $\beta = - 0{,}835^0$; $\gamma_1 = + 0{,}909^0$; $\gamma_2 = + 0{,}916^0$ $\gamma_3 = + 0{,}165^0$.

$x_1 = 44{,}04$; $x_2 = 44{,}66$; $x_3 = 43{,}60$.

Mittelwert: 44,08.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 44,11.

32. 6jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschau: o. B.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 37,4; 37,7 R_4 38,2; 38,5

Zeit: 35 Minuten.

R_2 37,3; 37,5 R_4 37,9; 38,2

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	37,6
Leukocytenvolumen:	0,25

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{\text{10 ccm 4,5 \% Dextrin + 0,79 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{\text{10 ccm 4,5 \% Dextrin + 0,79 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{\text{10 ccm 5,54 \% Traubenzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$\alpha_{D4,5}$ = + 1,898°; α_T = + 0,734°; β = — 0,915°; γ_1 = + 0,815°; γ_2 = + 0,810°; γ_3 = + 0,095°.

x_1 = 37,40; x_2 = 36,93; x_3 = 36,14.

Mittelwert: 36,82.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 37,21.

33. 4jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 38,5; 38,9 R_4 38,9; 39,3

Zeit: 35 Minuten.

R_2 38,4; 38,8 R_4 38,8; 39,2

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	38,6
Leukocytenvolumen:	0,4

Polarimeter:

Mischung I = $\frac{\text{10 ccm 4,5 \% Dextrin + 0,79 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 10,44 \% Rohrzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 10,44 \% Rohrzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D4,5}$ = + 1,8935°; α_R = + 1,7603°; β = — 1,126°; γ_1 = + 0,746°; γ_2 = + 0,674°; γ_3 = 0,670°.

x_1 = 38,7; x_2 = 39,65; x_3 = 39,38.

Mittelwert: 39,24.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 38,92.

34. 3jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 39,6; 40,0 R_4 40,4; 40,8

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,4; 39,8 R_4 40,1; 40,5

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	39,75
Leukocytenvolumen:	0,4

b) Blut in 12 Prozent 2 % K-NH_4-Oxalatlösung aufgefangen.

Zeit: 25 Minuten

R_2 36,8; 37,1 R_4 37,0; 37,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2 36,6; 36,9 R_4 36,9; 37,3

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Quellungsformen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 36,75
Leukocytenvolumen: 0,35

Umgerechnet auf unverdünntes Blut:

Erythrocytenvolumen: 41,8
Leukocytenvolumen: 0,4

Polarimeter:

K-NH_4-Oxalat-Blut.

Mischung I = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 10,44 \% Rohrzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D4} = + 1{,}525^0$; $\alpha_R = + 1{,}755^0$; $\beta = - 0{,}951^0$; $\gamma_1 = + 0{,}596^0$; $\gamma_2 = + 0{,}601^0$; $\gamma_3 = + 0{,}714^0$.

$x_1 = 35{,}8$; $x_2 = 36{,}37$; $x_3 = 37{,}5$.

Mittelwert: 36,56.

Umgerechnet auf unverdünntes Blut: 41,55.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 41,68.

35. 9jähr., mittelgut genährte Kuh (B).

Fleischbeschau: o. B.

a) Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 43,3; 43,7 R_4 43,0; 43,4

Zeit: 35 Minuten.

R_2 43,2; 43,6 R_4 43,0; 43,4

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 43,1
Leukocytenvolumen: 0,4

Polarimeter:

Mischung I = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 10,44 \% Rohrzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D4} = + 1{,}525°$; $\alpha_R = + 1{,}757°$; $\beta = - 1{,}032°$; $\gamma_1 = + 0{,}583°$; $\gamma_2 = + 0{,}587°$; $\gamma_3 = + 0{,}732°$.

$x_1 = 41{,}6$; $x_2 = 42{,}06$; $x_3 = 41{,}89$.

Mittelwert: 41,87.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 42,49.

b) Blut in 12 Prozent 2 % K-NH_4-Oxalatlösung aufgefangen.

Zeit: 25 Minuten

R_2 39,5; 39,9 R_4 39,1; 39,6

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,3; 39,8 R_4 39,0; 39,5

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Bild: Quellungsformen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	39,15
Leukocytenvolumen:	0,5

Umgerechnet auf unverdünntes Blut:

Erythrocytenvolumen:	44,49
Leukocytenvolumen:	0,56

36. 7jähr., gut genährte Kuh (A).

Fleischbeschaubefund: Verkäste Lungenlymphknoten, sonst o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 39,6; 40,0 R_4 39,8; 40,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 39,6; 40,0 R_4 39,7; 40,0

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	39,65
Leukocytenvolumen:	0,35

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{\text{10 ccm 10,44 \% Rohrzuckerlösung}}{\text{10 ccm Blut}}$$

$\alpha_{D4} = + 1{,}525°$; $\alpha_R = + 1{,}757°$; $\beta = - 0{,}997°$; $\gamma_1 = + 0{,}567°$; $\gamma_2 = + 0{,}570°$; $\gamma_3 = + 0{,}728°$.

$x_1 = 38{,}76$; $x_2 = 39{,}06$; $x_3 = 40{,}1$.

Mittelwert: 39,31.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 39,48.

37. 5jähr., gut genährter Ochse (A).

Fleischbeschau: o. B.
Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 46,2; 46,7 R_4 46,5; 47,0

Zeit: 35 Minuten.

R_2 45,6; 46,1 R_4 46,0; 46,6

Zeit: 45 Minuten.

R_2 45,5; 46,0 R_4 45,9; 46,5

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 45,7
Leukocytenvolumen: 0,55

Polarimeter:

Mischung I = 10 ccm 4 % Dextrin + 0,8 % NaCl-Lösung / 10 ccm Blut

Mischung II = 10 ccm 4 % Dextrin + 0,8 % NaCl-Lösung / 10 ccm Blut

Mischung III = 10 ccm 10,44 % Rohrzuckerlösung / 10 ccm Blut

Mischung I ist zur Untersuchung nicht verwendbar, da während des Zentrifugierens Gerinnung eingetreten ist.

$\alpha_{D4} = + 1{,}538^0$; $\alpha_R = + 1{,}765^0$; $\beta = - 1{,}105^0$; $\gamma_1 = — —{,}—^0$; $\gamma_2 = + 0{,}607^0$; $\gamma_3 = + 0{,}764^0$.

$x_1 = —{,}—$; $x_2 = 45{,}62$; $x_3 = 46{,}44$.

Mittelwert: 46,03.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 45,86.

38. 6jähr., sehr gut genährter Ochse (AA).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 46,1; 46,5 R_4 45,8 46,2

Zeit: 35 Minuten.

R_2 46,0; 46,4 R_4 45,7; 46,1

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen: 45,85
Leukocytenvolumen: 0,4

Polarimeter:

Mischung I = 10 ccm 4 % Dextrin + 0,8 % NaCl-Lösung / 10 ccm Blut

Mischung II = 10 ccm 10 % Dextrin + 0,65 % NaCl-Lösung / 10 ccm Blut

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 10 \% Dextrin + 0,65 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D4} = + 1{,}532^{0}$; $\alpha_{D10} = + 3{,}835^{0}$; $\beta = - 1{,}073^{0}$; $\gamma_1 = + 0{,}603^{0}$; $\gamma_2 = + 2{,}097^{0}$; $\gamma_3 = + 2{,}109^{0}$.

$x_1 = 44{,}57$; $x_2 = 45{,}17$; $x_3 = 45{,}76$.

Mittelwert: 45,17.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 45,46.

39. 14jähr., magere Kuh (C).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 37,3; 37,7 R_4 37,1; 37,5

Zeit: 35 Minuten.

R_2 37,2; 37,6 R_4 37,0; 37,4

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	37,1
Leukocytenvolumen:	0,4

Polarimeter:

Mischung I = $\frac{\text{10 ccm 4 \% Dextrin + 0,8 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung II = $\frac{\text{10 ccm 10 \% Dextrin + 0,65 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

Mischung III = $\frac{\text{10 ccm 10 \% Dextrin + 0,65 \% NaCl-Lösung}}{\text{10 ccm Blut}}$

$\alpha_{D4} = + 1{,}525^{0}$; $\alpha_{D10} = + 3{,}844^{0}$; $\beta = - 0{,}994^{0}$; $\gamma_1 = + 0{,}542^{0}$; $\gamma_2 = + 1{,}967^{0}$; $\gamma_3 = + 1{,}987^{0}$.

$x_1 = 36{,}01$; $x_2 = 36{,}61$; $x_3 = 37{,}72$.

Mittelwert: 36,78.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 36,94.

40. 5jähr., mittelgut genährter Ochse (B).

Fleischbeschaubefund: Ein Tbc-Knoten in der Lunge.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten.

R_2 34,1; 34,4 R_4 33,8; 34,2

Zeit: 35 Minuten.

R_2 33,9; 34,2 R_4 33,7; 34,1

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	33,8
Leukocytenvolumen:	0,35

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{10 \text{ ccm } 10\ \% \text{ Dextrin} + 0{,}65\ \% \text{ NaCl-Lösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{10 \text{ ccm } 10\ \% \text{ Dextrin} + 0{,}65\ \% \text{ NaCl-Lösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{10 \text{ ccm } 10{,}44\ \% \text{ Rohrzuckerlösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$\alpha_{D10} = + 3{,}844^\circ$; $\alpha_R = + 1{,}786^\circ$; $\beta = - 0{,}834^\circ$; $\gamma_1 = + 1{,}973^\circ$; $\gamma_2 = + 1{,}985^\circ$; $\gamma_3 = + 0{,}737^\circ$.

$x_1 = 33{,}35$; $x_2 = 34{,}06$; $x_3 = 33{,}27$.

Mittelwert: 33,56.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 33,68.

41. 3jähr., sehr gut genährter Bulle (A).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 50,0; 50,4 R_4 49,5; 49,9

Zeit: 35 Minuten.

R_2 49,4; 49,8 R_4 49,1; 49,5

Zeit: 45 Minuten.

R_2 49,3; 49,7 R_4 49,0; 49,4

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale Erythrocyten.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	49,15
Leukocytenvolumen:	0,4

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$\alpha = + 5{,}692^\circ$; $\beta = - 1{,}053^\circ$; $\gamma_1 = + 3{,}417^\circ$; $\gamma_2 = + 3{,}403^\circ$; $\gamma_3 = + 3{,}397^\circ$.

$x_1 = 49{,}11$; $x_2 = 48{,}63$; $x_3 = 48{,}43$.

Mittelwert: 48,72.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 48,94.

42. 1¾jähr., mittelgut genährter Stier (B).

Fleischbeschau: o. B.

Heparin: 0,01 %.

Zeit: 25 Minuten

R_2 40,2; 40,6 R_4 40,7; 41,1

Zeit: 35 Minuten.

R_2 40,0; 40,4 R_4 40,4; 40,8

Lackfarbigkeit.

Mikroskopisches Blutbild: Normale rote Blutkörperchen.

Mittelwert:

Erythrocytenvolumen:	40,2
Leukocytenvolumen:	0,4

Polarimeter:

$$\text{Mischung I} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung II} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$$\text{Mischung III} = \frac{10 \text{ ccm } 14\ \% \text{ Stärkelösung}}{10 \text{ ccm Blut}}$$

$\alpha = + 5{,}687^0$; $\beta = - 0{,}942^0$; $\gamma_1 = + 3{,}173^0$; $\gamma_2 = + 3{,}193^0$; $\gamma_3 = + 3{,}177^0$.

$x_1 = 39{,}57$; $x_2 = 40{,}34$; $x_3 = 39{,}74$.

Mittelwert: 39,88.

Mittelwert aus Hämatokrit und Polarimeter: 40,04.

III. Besprechung der Versuchsergebnisse.

A. Methodik.

1. Polarimetrische Methode.

Durch Vorversuche wurde bewiesen, daß sich Mischungen von Plasma mit Dextrin- bzw. Stärkelösungen in Bezug auf ihre optischen Eigenschaften wie „echte Mischungen" verhalten, weiterhin, daß keiner der beiden Stoffe in die Erythrocyten eindringt. Allerdings wurde festgestellt, daß beide Stoffe irgend welchen Veränderungsvorgängen, wahrscheinlich Abbauprozessen durch Amylase, unterliegen. Da diese Vorgänge sich in vitro aber nur verhältnismäßig langsam abspielen, mußte es möglich sein, isotonische Dextrin- bzw. Stärkelösungen als Verdünnungsflüssigkeiten bei der polarimetrischen Bestimmung des Blutkörperchenvolumens zu verwenden.

Es wurden insgesamt 13 Versuche mit Dextrinlösungen verschiedener Konzentrationen und 2 mit isotonischer Stärkelösung gemacht. Die gefundenen Ergebnisse wurden kontrolliert teilweise durch Vergleich mit Trauben- bzw. Rohrzuckerwerten und in jedem Falle durch gleichzeitig ermittelte Hämatokritwerte. Dabei ergab sich eine ausgezeichnete Uebereinstimmung sowohl innerhalb der einzelnen polarimetrischen Bestimmungen als auch mit den Hämatokritwerten. Die durchschnittliche Schwankungsbreite innerhalb der polarimetrisch ermittelten Werte betrug 1,02 % des Volumens, die größte Schwankungsbreite 1,8 %. Die durchschnittliche Differenz zwischen Polarimeter und Hämatokritwerten betrug 0,55 %, die größte Schwankungsbreite betrug 1,23 %. Mit nur zwei Ausnahmen lagen sämtliche polarimetrisch ermittelten Werte unter den Hämatokritwerten. Es mag dies daran liegen, daß der EV.-Wert für Rinder-Erythrocyten trotz des energischen Zentrifugierens noch zu hoch gefunden wird, oder daß möglicherweise während des Zentrifugierens doch schon ein wenn auch, wie die erzielten Ergebnisse beweisen, nur verschwindend geringer Teil der zugesetzten Stoffe verändert wird. Bei Dextrin wurde die Feststellung gemacht, daß die Ergebnisse umso günstiger wurden, je höher seine Konzentration gewählt wurde.

2. Hämatokritmethode.

Nach dieser Methode wurden 49 Blutproben untersucht. Bei der angewendeten Geschwindigkeit von 8000 Touren konnte in allen Fällen der Zustand des Lackfarbenwerdens der roten Blutscheiben erreicht werden. Im allgemeinen trat dieser Zustand nach 35 Minuten ein. In drei Fällen war er schon nach 25 Minuten erreicht, während er in 7 Fällen erst nach 45 Min. eintrat. Die zum Zentrifugieren bis zur Lackfarbigkeit verbrauchte Zeit ging ungefähr mit der Höhe der Blutkörperchensäule parallel. Die mit dem Hämatokrit erzielten Werte schwankten untereinander durchschnittlich um 0,3 %. Die größte Schwankungsbreite betrug 0,8 %. Soweit sie mit Werten nach der polarimetrischen Methode verglichen wurden, lagen sie durchschnittlich 0,28 % über dem Mittelwert. Die größte Abweichung betrug 0,61 %. In 4 Fällen wurde das Blut vergleichsweise auch in graduierten U-Röhrchen mit einem inneren Lumen von 3,0 mm bei 3000 Touren zentrifugiert, und zwar doppelt so lange Zeit wie bei den Hämatokritversuchen. Trotzdem konnte keine Lackfarbigkeit erzielt werden. Die erreichten Volumenwerte lagen den Hämatokritwerten umso näher, je größer die Senkungsgeschwindigkeit des Blutes gewesen war. Durchschnittlich lagen sie 7 % über den Hämatokritwerten. Es scheint also, daß die Erreichung des wahren Blutkörperchenvolumens außer von der Zentrifugiergeschwindigkeit bzw. der ausgeübten Zentrifugalkraft von dem Lumen des verwendeten Gefäßes abhängig ist.

B. EV.-Werte.

Es wurden 42 Tiere der Simmentaler Rasse hinsichtlich ihres EV. untersucht. Von diesen wurden bei der Fleischbeschau ohne Krankheitsbefund festgestellt: 18 Kühe, 6 Ochsen und 5 Stiere.

Der Durchschnitts-EV.-Wert der Kühe betrug 39,24 %, der höchste Wert 43,10 %, der niedrigste Wert 29,37 %. Doch stellte der letztere Wert eine Ausnahme dar, indem die übrigen Werte alle innerhalb wesentlich engerer Grenzen lagen (zwischen 36 % und 41,5 %). Ein Einfluß des Alters war nicht festzustellen, eher noch ein solcher des Nährzustands. Je besser der Nährzustand, desto höher scheint das EV. zu sein. Doch war das untersuchte Material noch zu wenig, um exakte Zahlen angeben zu können.

Der durchschnittliche Gehalt an weißen Blutkörperchen betrug 0,47 %.

Der EV.-Durchschnittswert der untersuchten Stiere betrug 41,16 % und schwankte zwischen 48,94 % und 37,79 %. Der durchschnittliche Gehalt an weißen Blutkörperchen betrug 0,44 %.

Das Blut der untersuchten Ochsen zeigte einen durchschnittlichen EV.-Wert von 41,87 %. Dieser schwankte zwischen 45,85 % und

33,80 %. Der durchschnittliche Gehalt an weißen Blutkörperchen betrug 0,47 %.

Das Blut der kranken Tiere — die Fälle, bei denen nur eine leichte Distomatose oder verkäste Lymphknoten eines Organs gefunden wurden, rechnete ich zu den gesunden — zeigte wesentlich andere Werte. Die an Tuberkulose erkrankten Tiere zeigten allgemein eine deutliche Herabsetzung des EV., ebenso solche Tiere, bei denen stärker ausgebreitete Distomatose gefunden wurde. Ganz kraß war der Fall 26, bei dem eine zehnjährige, schlecht genährte Kuh mit großen Abszessen in Leber und Bauchhöhle nur mehr einen EV.-Wert von 22,15 % zeigte.

Eine deutliche Beeinflussung der Leukocytenmenge konnte bei Versuch 21 festgestellt werden. Hier wurden bei einer sechsjährigen, mittelgut genährten Kuh mit Tuberkulose der Lunge, Leber, Pleura und Serosa 1,0 % Leukocyten gefunden.

C. Optische Aktivität des Plasmas.

Diese schwankte bei den einzelnen untersuchten Plasmaproben zwischen — 1,126 ° und — 0,834 ° und betrug im Mittel — 0,9975 °.

D. Gerinnungshemmende Mittel.

Als einzig wirklich brauchbares Mittel für exakte Untersuchungen wurde das Heparin gefunden. Da es in den verwendeten Konzentrationen keinen osmotischen Druck ausübt und offenbar auch keine sonstige Schädigung der Erythrocyten bewirkt, hat es auch, wie die angestellten mikroskopischen Untersuchungen bewiesen haben, keinen Einfluß auf das Blutkörperchenvolumen. Nachdem es in den angewendeten Konzentrationen auch optisch inaktiv ist, beeinflußt es die Plasmadrehung nicht und kann demzufolge auch bei polarimetrischen Messungen verwendet werden.

3,6 % Zitratlösung und 2 % K-NH_4-Oxalatlösung haben den Nachteil, daß man durch die notwendige Blutverdünnung eine neue Fehlerquelle schafft. Das Oxalatgemisch veranlaßt zudem anscheinend eine Quellung der roten Blutkörperchen und zeigt dadurch zu hohe EV.-Werte.

0,1 % Natriumoxalat in Substanz hatte eine entquellende Wirkung auf die Erythrocyten; die erhaltenen EV.-Werte waren deshalb teilweise zu niedrig. Bessere Ergebnisse erhielt ich, wenn ich nur 0,08 % verwendete.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

A. Gesunde Tiere.

Versuchs-Nummer	Erythrocytenvolumen			Drehung des Plasmas im 0,25 dm Rohr
	Hämatokrit	Polarimeter	Mittel	
Kühe:				
1	39,6	—	—	—
2	29,37	—	—	—
7	36,6	—	—	—
6	36,95	—	—	—
8	41,85	—	—	—
9	42,55	—	—	—
10	41,65	—	—	—
13	39,65	—	—	—
17	41,25	—	—	—
22	40,35	—	—	—
24	33,25	—	—	—
30	40,5	39,36	39,93	— 0,910 °
32	37,6	36,82	37,21	— 0,915 °
33	38,6	39,24	38,92	— 1,126 °
34	41,8	41,55	41,68	— 1,081 °
35	43,1	41,87	42,49	— 1,032 °
36	39,65	39,31	39,48	— 0,997 °
39	37,1	36,78	36,94	— 0,994 °
Stiere:				
3	37,79	—	—	—
14	43,25	—	—	—
29	40,2	39,32	39,76	— 0,973 °
41	49,15	48,72	48,94	— 1,053 °
42	40,2	39,88	40,04	— 0,942 °
Ochsen:				
4	42,7	—	—	—
19	43,5	—	—	—
20	39,65	—	—	—
28	41,25	—	—	—
37	45,7	46,03	45,87	— 1,105 °
38	45,85	45,17	45,46	— 1,073 °

B. Kranke Tiere.

Versuchs-Nummer	Erythrocytenvolumen			Drehung des Plasmas im 0.25 dm Rohr
	Hämatokrit	Polarimeter	Mittel	
Kühe:				
5	27,8	—	—	—
11	40,05	—	—	—
12	33,45	—	—	—
15	39,7	—	—	—
21	36,4	—	—	—
25	29,2	—	—	—
26	22,15	—	—	—
27	27,2	26,91	27,05	— 1,092 °
31	44,15	44,08	44,11	— 0,835 °
Stiere:				
16	32,6	—	—	—
18	32,15	—	—	—
Ochsen:				
23	34,1	—	—	—
40	33,8	33,56	33,68	— 0,834 °

IV. Zusammenfassung.

Die bis heute angewendeten Methoden zur Bestimmung des Volumens der roten Blutkörperchen werden vergleichend erörtert. Besonders berücksichtigt wird hierbei die Hämatokritmethode.

Auf Veranlassung Professor Dr. Paechtners wird versucht, die polarimetrische Methode vorteilhafter zu gestalten durch Verwendung von Dextrin- bzw. Stärkelösungen als Zusatzflüssigkeiten. Prinzip und Technik der Methode wird geschildert. Als Kontrollmethode wird die Hämatokritmethode benutzt, bei der bis zur Lackfarbigkeit der Erythrocytensäule zentrifugiert wird. In Vorversuchen werden die Versuchsbedingungen für die eigentlichen Untersuchungen festgelegt. Es folgen die Versuchsprotokolle von 42 Blutproben, entnommen am Münchner Schlachthof von Tieren der Simmentaler Rasse.

Die Ergebnisse sind kurz folgende:

1. Die polarimetrische Methode gibt bei Verwendung isotonischer bzw. isotonisierter Dextrin- bzw. Stärkelösungen ausgezeichnete Ergebnisse, die sowohl untereinander als auch mit den vergleichsweise nach der Hämatokritmethode bestimmten Werten sehr gut übereinstimmen.

2. Das EV. der untersuchten gesunden 18 Kühe schwankte zwischen 29,37 % und 43,10 % und betrug im Mittel: 39,24 %, der Gehalt an weißen Blutkörperchen 0,47 %.

Der EV.-Durchschnittswert war bei 5 Stieren 41,96 % und schwankte zwischen 37,79 % und 48,94 %. Der Gehalt an weißen Blutzellen betrug 0,44 %.

Der durchschnittliche Gehalt an roten Blutkörperchen betrug bei 6 gesunden Ochsen 41,87 % mit Grenzwerten von 45,85 % bis 33,80 %.

Das EV. bei kranken Tieren (Tuberkulose, Distamotose) wurde im allgemeinen mehr oder weniger stark herabgesetzt gefunden.

In einem Fall von ausgebreiteter Tuberkulose wird eine Vermehrung des Leukocytengehaltes auf 1,0 % festgestellt.

3. Die optische Aktivität des Plasmas, untersucht im 0,25-dm-Rohr, schwankte bei 15 verschiedenen Blutproben zwischen — 0,834 ° und — 1,126 °. Der Mittelwert war 0,9975 °.

4. Als gerinnungshemmendes Mittel wurde Heparin „Promonta", verglichen mit 3,6 % Zitrat- und 2 % $K\text{-}NH_4$-Oxalatlösung bzw. 0,1 % oder 0,08 % Natriumoxalat in Substanz, am besten gefunden.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen, Herrn Professor Dr. Paechtner für die Ueberlassung des Themas und die während der Ausführung gegebenen Ratschläge und Anregungen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Dr. Gürsching danke ich für die allzeit liebenswürdige und hilfsbereite Unterstützung herzlich.

Literatur.

1. **Wirth**: Grundlagen einer klin. Hämatologie der Haustiere. Berlin (1931).
2. **Minnigerode**: Die Methoden der Bestimmung des Volumens und des Gewichts der körperlichen Elemente im Blut, historisch und kritisch dargestellt. Diss. Greifswald (1914).
3. **Welcker**: Größe, Zahl, Volumen, Oberfläche und Farbe der Blutkörperchen bei Mensch und Tieren. Zeitschr. f. rationelle Medizin. 3. Reihe, **Bd. 20** (1863).
4. **Hoppe-Seyler**: Handbuch der physiol. und pathol. chem. Analyse. 8. Aufl., S. 681—685.
5. **Bleibtreu, M.**: Ueber die Wasseraufnahmefähigkeit der roten Blutkörperchen. Pflügers Arch. Bd. **54** (1893).
6. **Otto**: Ueber den Gehalt des Blutes an Zucker und reduzierender Substanz unter versch. Umständen. Pflügers Arch. **35** (1885).
7. **Bunge**: Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr. f. Biologie Bd. **12** (1876).
8. **Bleibtreu, M. u. L.**: Eine Methode zur Bestimmung des Volumens der körperlichen Elemente im Blut. Pflüg. Arch. **51** (1892).
9. **Argutinsky**: Ueber die Kjeldahl-Wilfarth'sche Methode der Stickstoffbestimmung unter Berücksichtigung ihrer Anwendung zu Stoffwechselversuchen. Pfl. Arch. **46** (1890).
10. **Hamburger**: Die physiol. Kochsalzlösung und die Volumenbestimmung der körperlichen Elemente im Blut. Zentralblatt für Physiologie, Heft 6 (1893).
11. **Steinbach**: Beitrag zur Bestimmung des Volumens der körperlichen Elemente im Blut. Zeitschr. f. Biol. **74**, Heft 3 u. 4 (1922).
12. **Vavra**: Die Bestimmung des Volumens der roten Blutkörperchen durch die Methode des unlösbaren Anteils, des Hämatokrits und der relativen Viskosität. Soisy lék. Fak. Masaryk. Univ. Brno **14** (1934).
13. **Eijkmann**: Die Bleibtreu'sche Methode zur Bestimmung des Volumens der körperl. Elemente im Blut. Pflüg. Arch. **60** (1895).
14. **Eijkmann**: Blutuntersuchungen i. d. Tropen. Virchows Pathol. Anatomie u. Physiologie, **143** (1896).
15. **Grawitz**: Klinische Pathologie des Blutes. (1896).
16. **Schrottenbach**: Eine Methode zur Bestimmung des Volumen- und Gewichtsverhältnisses von roten Blutkörperchen und Plasma im Blute durch Wägung. Pflüg. Arch. **123** (1908).

17. **Köppe**: Ueber das Lackfarbenwerden der roten Blutscheiben. Pflüg. Arch. **107** (1905).

18. **Gösling**: Vergleichende Untersuchungen über das Erythrocytenvolumen bei den Haussäugetieren. Diss. Hannover (1923).

19. **Bence**: Eine neue Methode zur Bestimmung des Blutkörperchenvolumens in geringeren Blutmengen. Zentralbl. f. Physiologie **XIX** (1905).

20. **Adler**: Eine klinische Methode der Blutkörperchenvolumenbestimmung. Zeitschr. f. klin. Med. **88** (1919).

21. **Wnuck**: Viskosimetrische und refraktometrische Blutkörperchenvolumenbestimmung bei Pferden. Studien über Größe, Hämoglobinfüllung und Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten. Zeitschr. f. Veterinärkunde **34** (1922).

22. **Kaufmann**: Interferometrische Untersuchungen. IV. Mitteilung: Interferometrische Bestimmung des BKV. Zeitschr. f. klin. Med. **101** (1925).

23. **Roth**: Elektr. Leitfähigkeit tierischer Flüssigkeiten. Zentralbl. f. Phys. **XI** (1897).

24. **Bugarsky** u. **Tangl**: Eine Methode zur Bestimmung des relativen Volumens der Blutkörperchen u. d. Plasmas. Zentralbl. f. Phys. **XI** (1897).

25. **Stewart**: Elektr. Leitfähigkeit tierischer Flüssigkeiten. Zentralbl. f. Phys. **XI** (1897).

26. **Gryns**: Ueber den Einfluß gelöster Stoffe auf die roten Blutzellen usw. Pflüg. Arch. **63** (1896).

27. **Stewart**: Das relative Volumen oder Gewicht von Blutkörperchen und Plasma im Blut. Journ. of Physiol. **24**, Nr. 5 (1899).

28. **Stewart**: Das relative Volumen oder Gewicht von Blutkörperchen und Plasma im Blut. American. Journal of Phys. **68**, Nr. 3 (1924).

29. **Oker-Blom**: Tierische Säfte und Gewebe in physikalisch-chemischer Hinsicht (Drei Mitteilungen). Pflüg. Arch. **79** u. **81** (1900).

30. **Fränkel**: Ueber die Bestimmung des Blutkörperchenvolumens aus der elektr. Leitfähigkeit. Zeitschr. f. klin. Med. **52** (1904).

31. **Gram**: BKV und elektr. Leitfähigkeit des Blutes. Journal of biol. chem. **59** Nr. 1 (1924).

32. **Ponder**: Die Messung des Volumens der roten Blutkörperchen. Leitfähigkeitsmessungen. Journ. of Physiol. **85** (1935).

33. **Ege**: Ueber die Bestimmung des Blutkörperchenvolumens. Biochem. Zeitschr. **109** (1920).

34. **Hamburger**: Die Methoden zur Bestimmung des Mengeverhältnisses zw. Plasma und Blutkörperchen. Med. Klinik, 17. Jg. Nr. 23 (1921).

35. **Biernacki**: Ueber die Beziehungen des Plasmas zu den roten Blutkörperchen. Zeitschr. f. phys. Chemie **19** (1894).

36. **Hedin**: Skandin. Arch. f. Physiol. **2** (1890).

37. **Gärtner**: Ueber eine Verbesserung des Hämatokriten. Berliner klin. Wochenschr. **36** (1892).

38. **Bleibtreu**: Kritisches über den Hämatokrit. Berl. kl. Wochenschrift 30 u. 31 (1893).

39. **Hedin**: Ueber die Brauchbarkeit der Zentrifugalkraft für quantitative Blutuntersuchungen. Pflüg. Arch. 60 (1895).

40. **Köppe**: Ueber den osmotischen Druck des Blutplasmas. Pflüg. Arch. 62 (1896).

41. **Köppe**: Ueber die Volumenbestimmung der roten Blutkörperchen durch Zentrifugieren im Hämokriten. Pflüg. Arch. 107 (1905).

42. **Gryns**: Kritisches über Köppes Hypothese der Beschaffenheit der Blutkörperchenwände. Pflüg. Arch. 109 (1905).

43. **Kottmann**: Bestimmungen der Blutmenge beim Menschen. Arch. f. experim. Pathologie 54 (1906).

44. **Allen**: Eine Hämatokritmethode. Journ. of Laborat. a. clin. Med. 10, Nr. 12 (1925).

45. **Forman**: Die Sedimentierungsgeschwindigkeit der Erythrocyten, das Blutkörperchenvolumen und der Ikterusindex. Journ. of Laborat. a. clin. Med. 12, Nr. 4 (1927).

46. **Mason**: Eine neue Methode zur Bestimmung des Blutkörperchenvolumens. Journ. Laborat. a. clin. Med. 20 (1934).

47. **Hirota**: Ueber die neue Methode zur Messung des Volumens der Blutkörperchen. Geeignet für Blut und Suspensionen in Salzlösungen. Journ. Biophysics 2 (1927).

48. **Luy**: Chemische und physikochem. Untersuchungen des Blutes normaler und an infektiöser Anämie erkrankter Pferde. Hannover (1930).

49. **Ulrich**: Untersuchungen über die Permeation lipoidunlöslicher Nichtleiter von relativ großen Molekulvolumen in die Erythrocyten von Säugetieren. Pflüg. Arch. 234 (1934).

50. **Abderhalden** u. **Schmid**: Bestimmung der Blutmenge mit Hilfe der „optischen Methode". Zeitschr. f. physiol. Chemie 66 (1910).

51. **Oppenheimer**: Fermente. I S. 731.

52. **Oppenheimer**: Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. 2. Aufl. II, S. 24.

53. **Heller** u. **Paul**: Veränderungen des Zellvolumens durch Konzentrationsänderungen verschiedener koagulationshemmender Stoffe. J. Labor. a. clin. Med. 19 (1934).

54. **De Niederhäusern, Arnoldo** u. **Alberto Gambigliani-Zoccoli**: Aenderung des Verhältnisses zwischen Hämoglobin und Erythrocyten durch den Aderlaß. Arch. d. Sci. biol. 23 (1937).

55. **Sluiter**: Der Einfluß von Fruktose auf die Blutgerinnung. Verslag d. afdeel. Naturkunde, Koninkl. Akad. v. Wetenach. Amsterdam 34, Nr. 5 (1925).

56. **Morhart**: Die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen bei unseren Haustieren unter besonderer Berücksichtigung langsam senkender Blutarten. Dissertation, München 1937.

Lebenslauf.

Als Sohn des damaligen Sattlermeisters und späteren Gastwirts Oswin Mehlhorn und seiner Frau Silby, geb. Graichen, wurde ich am 30. Juni 1912 in Waldenburg (Sa.) geboren. Von 1918—1922 besuchte ich in Rödlitz, wohin meine Eltern inzwischen verzogen waren, die Volksschule. Ab 1922 besuchte ich das Realgymnasium in Glauchau, wo ich im Jahre 1931 die Reifeprüfung bestand.

Vom Sommersemester 1931 ab studierte ich in München Tierheilkunde. Nach Ablegung der tierärztlichen Vorprüfung Ende Sommersemester 1933 unterzog ich mich im Sommersemester 1936 der tierärztlichen Prüfung. Am 30. September 1936 wurde mir nach Ableistung des praktischen Vierteljahres am Schlachthof München die Approbation als Tierarzt erteilt.

Vom 10. 3. 1937 bis 4. 5. 1937 genügte ich beim 16/E/IR 19 meiner aktiven Dienstpflicht und wurde als überzähliger Gefreiter der Reserve entlassen.